

**Miljøstyrelsen**

# **Forbrug og forurening med**

- **Arsen**
- **Krom**
- **Kobolt**
- **Nikkel**

## **i Danmark**

**Appendix 1 og 2**

**December 1984**

## INDHOLD

- Appendix 1: Forbrug og emission af arsen, kobolt, krom og nikkel i Danmark.
- Appendix 2: Foreliggende viden om koncentrationer af krom og nikkel i danske sedimenter og akvatiske organismer.

## APPENDIX 1

Forbrug og emission  
af arsen, krom, kobolt  
og nikkel i Danmark

# INDHOLDSFORTEGNELSE

	<u>Side</u>	
1. INDLEDNING	1-1	
2. REGISTRERET IMPORT/EKSPORT AF RÅVARER	2-1	2-3 2-7
3. INDUSTRIELLE ANVENDELSER I DANMARK	3-1	
3.1 Legeringer	3-1	
3.1.1 Arsenholdige legeringer	3-1	
3.1.2 Kromholdige legeringer	3-3	3-3 → 3-5
3.1.3 Koboltholdige legeringer	3-6	
3.1.4 Nikkelholdige legeringer	3-7	
3.2 Lædergarvning	3-11	3-11
3.3 Træbeskyttelse	3-13	↓ 3-17
3.4 Glas	3-17	
3.5 Ildfaste materialer	3-19	3-19
3.6 Sikkativer i maling og lak	3-19	
3.7 Farvestoffer	3-21	3-21
3.8 Foderstoffer og vitaminer	3-25	↓ 3-23
3.9 Akkumulatorer og batterier	3-27	
3.10 Overfladebehandling/galvanisering	3-29	
3.11 Andre anvendelser	3-33	
4. ANVENDELSER SOM FØLGESTOF I DANMARK	4-1	
4.1 Handelsgødning	4-1	
4.2 Olie	4-4	
4.3 Kul	4-7	
5. BORTSKAFFELSE AF AFFALDSPRODUKTER	5-1	
5.1 Jern og stålskrot	5-1	
5.2 Fast affald	5-3	
5.3 Spildevand	5-9	
5.4 Kemikalieaffald	5-12	

## REFERENCER

Bilag A1: Arsenforbrug i USA 1980 samt arsenudslip til vand og luft  
i Sverige 1977/78.

Bilag A2: Kromforbrug i USA 1977 samt kromudslip til vand og luft  
i Sverige 1977/78.

Bilag A3: Koboltforbrug i USA 1980.

Bilag A4: Nikkelforbrug i USA 1980 samt nikkeludslip til vand og  
luft i Sverige 1977/78.

## 1. INDLEDNING

I dette appendix er der gjort rede for de undersøgelser, beregninger og skøn, som ligger til grund for de oplysninger om forbrug og emission af arsen, krom, kobolt og nikkel, der fremgår af rapporten:

Forbrug og forurening med  
arsen, krom, kobolt og nikkel

i Danmark.

Den viden, der præsenteres her, er tilvejebragt via litteratur og samtaler med enkeltpersoner fra dels offentlige og halvoffentlige institutioner, dels private virksomheder.

Som hovedregel gælder, at talmaterialet omfatter 1981-82 forhold.

Nøjagtigheden af det foreliggende talmateriale kan karakteriseres ved, at hensigten har været at fastslå størrelsesordenen af forbruget og den hermed forbundne emission af de angivne metaller inden for de vigtigste anvendelsesområder. Som følge heraf er talmaterialet i betydeligt omfang baseret på skøn, foretaget dels af kontaktede enkeltpersoner og virksomheder, dels af forfatterne.

Afslutningsvis skal rettes en tak til de berørte enkeltpersoner og virksomheder, uden hvis velvillighed dette materiale ikke ville foreligge.

## 2. REGISTRET IMPORT/EKSPORT AF RÅVARER

I tabel 2.1 - 2.4 er angivet den af Danmarks Statistik registrerede import/eksport af metaller, metalforbindelser og legeringer af arsen, krom, kobolt og nikkel.

De angivne mængder er behæftiget med usikkerhed fra at:

- emballage kan være medregnet
- import/export af salte kan bestå af opløsninger (ofte vandige) af disse salte, hvor oplysningsmiddel er medregnet i mængden.
- fejlpostering kan have fundet sted.

Tabel 2.1-2.4 tjener derfor primært til orientering om import/export af relevante varer. Ved den opgørelse af forbruget af arsen, chrom, kobalt og nikkel til industrielle formål som er foretaget i kapitel 3 er der, såfremt opgørelsen for enkelte formål er baseret på de i tabel 2.1-2.4 angivne mængder, som hovedregel foretaget en kontrol af mængdernes rigtighed ved indhentning af oplysninger fra anden side.

Tabel 2.1 Registreret import/eksport af arsen /1, 2, 3/

Stof	Import/eksport (tons/år)			Nettoimport (middel tons/år)	
	1979	1980	1981	Stof	Arsen
Arsen samt tellur	<u>17,3</u> 1,5	<u>16,6</u> 1,0	<u>17,9</u> 3,5	15,3	ca. 15,0 <sup>1)</sup>
Diarsentrioxid	<u>0,1</u> 0,0	<u>10,1</u> 0,0	<u>10,1</u> -	6,7	5,1
Diarsenpentoxid samt arsensyrer	<u>0,0</u> 2,5	<u>0,4</u> -	<u>0,0</u> -	- 0,7	ca. -0,4
Ialt					ca. 20

Noter:1) Forbruget af tellur i DK må anses for betydningsløst, sammenlignet med forbruget af arsen /8/.

Arsen som rent metal anvendes i Danmark såvidt vides udelukkende til fremstilling af blylegeringer, mens diarsentrioxid formodentlig primært anvendes til fremstilling af glas.



Tabel 2.2 Registreret import/eksport af krom /1, 2, 3/

Stof	Import/eksport (tons/år)			Nettoimport (middel, tons/år)	
	1979	1980	1981	Stof	Krom
Krom ubearbejdet affald, skrot, varer	$\frac{6,7}{76,1}$	$\frac{0,1}{48,5}$	$\frac{2,1}{0,1}$	- 38,6	- 38,6
Krommalme <sup>1)</sup>	$\frac{175}{30,4}$	$\frac{200}{-}$	$\frac{346,4}{9,3}$	227,2	77
Ferrokrom <sup>2)</sup>	$\frac{1430,7}{52,9}$	$\frac{1152,8}{1,5}$	$\frac{347,7}{-}$	958,9	575
Ferrosilicium <sup>3)</sup> krom	$\frac{-}{-}$	$\frac{44,5}{-}$	$\frac{31,9}{-}$	25,5	10
Kromtrioxid	$\frac{133,3}{4,9}$	$\frac{274,8}{3,6}$	$\frac{207,5}{4,0}$	201,0	105
Andre oxider <sup>4)</sup> og hydroxider	$\frac{247,5}{1,3}$	$\frac{93,7}{0,3}$	$\frac{183,1}{12,0}$	170,2	116
Natrium- dikromat	$\frac{2171,5}{0,0}$	$\frac{2062,6}{1,0}$	$\frac{2173,7}{1,0}$	2135,3	854
Kaliumdikromat og andre di- og perkromater <sup>5)</sup>	$\frac{27,1}{0,4}$	$\frac{4,8}{0,6}$	$\frac{2,1}{0,0}$	11,0	4
Kromsulfater <sup>6)</sup> og aluner	$\frac{2,9}{2734}$	$\frac{42,0}{2109,5}$	$\frac{10,1}{2770,8}$	-2519,8	-454
Blykromat	$\frac{300,1}{17,6}$	$\frac{120,6}{8,2}$	$\frac{114,6}{20,7}$	162,9	26
Zinkkromat	$\frac{202,8}{39,4}$	$\frac{158,7}{30,5}$	$\frac{155,6}{18,1}$	143,0	41
Andre kromater	$\frac{68,6}{1,7}$	$\frac{29,2}{2,5}$	$\frac{31,6}{0,0}$	41,7	8
Ialt					ca. 1300

- Noter:
- 1) Indeholder formodentlig omkring 50%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$
  - 2) Regnet at indeholde ca. 60% krom
  - 3) Regnet at indeholde ca. 40% krom
  - 4) Regnet som  $\text{Cr}_2\text{O}_3$
  - 5) Regnet som kaliumdikromat
  - 6) Regnet at indeholde ca. 18% krom
  - 7) Regnet at indeholde ca. 20% krom

Den registrerede kromimport er lokaliseret som følger:

- Krommalme anvendes formodentlig primært til fremstilling af indfaste produkter.
- Ferrochrom anvendes formodentlig til fremstilling af stållegeringer.
- Kromtrioxid anvendes primært til elektrogalvanisering og katalysatorfremstilling.
- Kromoxid anvendes i et vist omfang som farvestof i glas og formodentlig også keramik. En del af den registrerede import er muligvis fejlregistreret kromtrioxid.
- Natriumdikromat anvendes i betydeligt omfang til fremstilling af kromsulfat samt til kromatering.
- Bly- og zinkkromat anvendes formodentlig udelukkende til farvestoffer.

Tabel 2.3 Registreret import/eksport af kobolt /1, 2, 3/

Stof tons/år)	Import/eksport (tons/år)			Nettoimport (middel,	
	1979	1980	1981	Stof	Kobolt
Kobolt, ubearbejdet affald, skrot, varer	$\frac{29,1}{8,3}$	$\frac{18,2}{6,8}$	$\frac{13,7}{-}$	15,3	15,3
Koboltoxider- <sup>1)</sup> og hydroxider	$\frac{10,0}{0,1}$	$\frac{4,7}{0,0}$	$\frac{6,4}{0,0}$	7,0	5,5
Sulfater af <sup>2)</sup> kobolt (samt titan)	$\frac{18,3}{0,4}$	$\frac{14,0}{5,9}$	$\frac{16,3}{0,6}$	13,9	2,8
Koboltcarbonat <sup>3)</sup> acetater og klorider	-	-	-	-	-
Ialt					ca. 24

Noter: 1) Regnet som CoO

2) Regnet som kobolt (ca. 20% Co), idet import af titansulfater kan regnes for ubetydelig /29/

3) Import/eksport som hovedregel ubetydelig.

Kobolt som rent metal anvendes i Danmark så vidt vides udelukkende til fremstilling af hårdmetal. Koboltoxider anvendes til indfarvning af glas og porcelæn. Koboltsulfat anvendes overvejende til foderstoffer, sekundært til overfladebehandling.

Endvidere foregår en vis import af koboltnitrat, som anvendes til katalysatorfremstilling

Tabel 2.4 Registreret import/eksport af nikkel /1, 2, 3/

Stof tons/år)	Import/eksport (tons/år)			Nettoimport (middel, tons/år)	
	1979	1980	1981	Stof	Nikkel
Nikkel, ubearbejdet og anoder	<u>250,4</u> 9,9	<u>230,8</u> 0,1	<u>147,0</u> 2,6	205,2	205,2
Nikkel, halvfabrikata, affald og skrot	<u>41,1</u> 1,1	<u>43,1</u> 24,7	<u>65,4</u> 7,4	38,8	38,8
Nikkel, færdigvarer	<u>23,6</u> 40,3	<u>7,5</u> 1,4	<u>14,6</u> 2,5	0,5	0,5
Nikkel- <sup>5)</sup> legeringer	<u>131,8</u> 184,6	<u>122,8</u> 86,5	<u>90,2</u> 47,8	8,6	5,2
Kobber- legeringer (Ni > 10%)	<u>1037,6</u> 44,6	<u>917,6</u> 139,3	<u>318,6</u> 61,4	676,2	135,2
Nikkeloxider <sup>2)</sup> og hydroxider	<u>1,3</u> 0,1	<u>22,1</u> 0,0	<u>0,8</u> 0,1	8,0	6,3
Nikkelklorider <sup>4)</sup>	<u>11,4</u> -	<u>5,0</u> 0,1	<u>3,8</u> 0,2	6,6	1,7
Nikkelsulfater <sup>3)</sup>	<u>108,5</u> 0,2	<u>137,6</u> 0,3	<u>109,5</u> 0,2	118,3	26,0
Nikkelsten og <sup>6)</sup> speis samt aske og rest- produkter	<u>30,3</u> 32,1	<u>21,3</u> 68,8	<u>4,7</u> 109,8	- 51,5	- 26,0
Ferronikkel	<u>10,0</u> -	<u>6,5</u> -	<u>2,3</u> -	6,3	3,8
Ialt					ca. 400

- Noter:
- 1) Regnet som 20% Ni
  - 2) Regnet som NiO (79% Ni)
  - 3) Regnet som  $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (22% Ni)
  - 4) Regnet som  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (25% Ni)
  - 5) Regnet som 60% Ni
  - 6) Antaget ca. 50% Ni
  - 7) Regnet som 60% Ni

Den registrerede nikkelimport er lokaliseret som følger:

- Nikkel, ubearbejdet anvendes primært til møntfremstilling sekundært til fremstilling af stål- og kobberlegeringer. Nikkelanoder anvendes til elektrogalvanisering.
- Kobberlegeringer anvendes til fremstilling af forskellige varer til industrielle formål.
- Nikkelsulfat anvendes formentlig næsten udelukkende til elektrogalvanisering.

Herudover foregår en vis import af nikkelnitrat, som så vidt vides overvejende anvendes til katalysator-fremstilling.

Importen af "nikkel, halvfabrikata m.m." består overvejende af nikkelpulver og skæl, hvis anvendelse ikke er nærmere kendt.

### 3. INDUSTRIELLE ANVENDELSER I DANMARK

#### 3.1 Legeringer

##### 3.1.1 Arsenholdige legeringer

Anvendelse Arsenholdige blylegeringer finder anvendelse, dels til blyhagl til jagt og flugtskydning, dels til blygitre i blyakkulatorer.

Legeret med bl.a. gallium og selen finder arsen endvidere anvendelse til halvledere og andre elektroniske formål. Legeret med kobber anvendes arsen formodentlig i brandsikringssystemer o.l.

Det vides ikke, om arsen anvendes i blybaseret lejemateriale, f.eks. krumtaplejer i biler. Omfanget af sådan evt. anvendelse kan dog vurderes som betydningsløs.

Arsen er tidligere anvendt til loddelegeringer (smøretin til kabelkapper og bilreparation), men sådanne legeringer fremstilles ikke længere i Danmark /8/, og forbruget til disse formål er formentlig betydningsløst.

Fremstilling i DK Danmark foretages alene fremstilling af blygitre til akkulatorer og legeringer hertil.

Forbrug i DK Den nuværende årlige import af arsen til blygitre i akkulatorer er ca. 15 tons (jfr. afs. 2).

Hertil kommer produktion af blygitre ud fra recirkuleret akkumulatorbly, idet den overvejende del af udtjente blyakkumulatorer i Danmark må formodes at indgå i et returkredsløb. Idet Danmark endvidere i betydeligt omfang er nettoeksportør af blyakkumulatorer, kan forbruget af arsen til blyakkumulatorer i Danmark på baggrund af oplysninger fra producenter anslås til 25-30 tons/år.

Forbruget af blyhagl i Danmark til jagt og flugtskydning er opgjort til ca. 900 tons/år. Heraf anvendes ca. 50% til flugtskydning efter lerduer, mens resten anvendes til jagt, fordelt med ca. 25% over vådområder og ca. 25% over ikke-vådområder /9/. På baggrund af oplysninger fra importører af blyhagl vides, at blyhagl indeholder 0,1-1,3% arsen. Antages et middelinhold på ca. 0,5% kan forbruget af arsen til blyhagl i Danmark opgøres til ca. 5 tons/år.

Det nuværende forbrug af arsen til halvledere og andre elektroniske formål er af størrelsen 15-30 tons/år på verdensplan /6/. På denne baggrund kan forbruget af arsen til sådanne formål i Danmark umiddelbart anslås til mindre end 0,5 tons/år.

Forbruget af arsen i brandsikringssystemer o.l. må antages at være af samme størrelsesorden som forbruget til elektroniske formål, d.v.s. < 0,5 tons/år.

Emission til omgivelserne

I forbindelse med fremstilling af blygitre og legeringer hertil vil ske et udslip af arsen til luft. Dette udslip kan på baggrund af foreliggende viden /85, 86/ anslås til 10-100 kg/år ialt, forudsat at alle akkumulator blystøberier i Danmark er udstyret med posefiltre.

På baggrund af /85, 87/ kan endvidere anslås, at formodentlig 5-10 tons arsen årligt deponeres i form af blyholdig slagge og støv fra fremstillingsvirksomheder samt udtjente blyakkumulatorer.

Der foreligger ikke viden om udslippet af arsen til spildevand. Antages et udslip på ca. 1% af den behandlede arsenmængde svarende til udslip fra andre metalstøberier (jfr. afs. 3.1.2) kan på baggrund af foreliggende viden /85/ anslås et udslip på 0,4-0,9 tons arsen årligt i forbindelse med fremstilling af blygitre og legeringer hertil.

Anvendelse af arsen i blyhagl medfører en spredning af ca. 5 tons arsen årligt til omgivelserne, heraf ca. 1,2 tons til vådområder.

### 3.1.2 Kromholdige legeringer

<u>Anvendelse</u>	Krom indgår i rustfrit stål, konstruktionsstål, værktøjsstål samt en række andre legeringer på basis af jern. Krom indgår endvidere i højtemperaturlegeringer og andre ikke jernholdige legeringer.
<u>Fremstilling i DK</u>	I Danmark foregår fremstilling af bl.a. rustfrit og ildfast stål ud fra importeret ferrokrom. I Danmark foregår endvidere bearbejdning af kromholdigt jern og stål. Endelig foregår en oparbejdning af jern og stålskrot til konstruktionsstål (jfr. afs. 3.1).
<u>Forbrug af krom i DK</u>	Der er ikke foretaget nogen nærmere kortlægning af forbruget af krom i legeringer til forskellige formål i Danmark.



Dette forbrug skal i stedet anslås som følger:

Produktionen af krom på verdensplan er af størrelsen ca. 3 mill. tons/år /7/.

Det antages, at ca. 70% heraf anvendes til legeringer (i U.S.A. i 1977 blev af et samlet forbrug på ca. 0,41 mill. tons anvendt 71,5% til legeringer, heraf ca. 72% til rustfrit stål, se bilag A2), hvilket svarer til et samlet forbrug af krom til legeringer på ca. 2,1 mill. tons/år på verdensplan.

Idet Danmarks befolkning er af størrelsen ca. 1<sup>0</sup>/100 af verdens samlede befolkning, vil forbruget af krom til legeringer i Danmark formentlig være af størrelsen 2-4<sup>0</sup>/100 af verdensforbruget, svarende til 4-8.000 tons/år.

Emission til omgivelserne

Der må påregnes en vis emission af krom til omgivelserne ved støbe- og bearbejdningsprocesser i Danmark samt anvendelse af kromholdige materialer.

Ud fra tabel 2.2 skal anslås, at der årligt i Danmark anvendes af størrelsen 600 tons krom i metalstøberier i Danmark excl. stålvalseværket (se afsnit 5.1).

På baggrund af erfaringsmæssige tab af råmateriale fra støbeprocesser kan tabet af krom ved støberiprocesser i Danmark excl. Stålvalseværket groft anslås som følger:

<u>Tabsfraktion</u>	<u>Tabsfaktor</u>	<u>Tab</u>
Røggasemission	0,05-0,15%	0,3-0,9 tons/år
Slagge og opsamlet støv	ca. 5%	ca. 30 tons/år
Spildevand	ca. 1%	ca. 6 tons/år

Det bemærkes, at disse tabsfaktorer alene skal opfattes som et skøn for de gennemsnitlige tab fra metalstøberier i Danmark, idet forholdene må antages at variere betydeligt fra støberi til støberi. I røggasemissionen er indregnet, at næppe mere end ca. 10% af råmetalmængden i Danmark behandles ved støberier uden røgrensningsudstyr, samt at røgrensningsudstyr almindeligvis udgøres af posefiltre. Slagge og aske må påregnes deponeret dels på kontrolleret losseplads, dels i særlige evt. "ukontrollerede" depoter ofte tæt ved det enkelte anlæg.

Tab af råmateriale ved bearbejdning af jern, stål og legeringer kan som gennemsnit anslås til 0,5-2,5% af den anvendte mængde råmateriale, idet der herudover foregår en opsamling af skrot, spåner o.lign., der recirkuleres gennem skrothandelen /80/. Emission til luft og spildevand kan anses for betydningsløs /80/.

Med en årlig import på ca. 25.000 tons rustfrit eller varmebestandigt stål til Danmark, /1/, skal her skønnes, at der i Danmark årlig bearbejdes en krommængde af størrelsen 5.000-10.000 tons. Indholdet af krom i affald fra bearbejdningsprocesser i Danmark kan således anslås til 25-250 tons årligt. Størsteparten af denne affaldsmængde vil utvivlsomt ende på lossepladser, mens kun en mindre del må påregnes tilført Kommunekemi.

Ved anvendelse af kromholdige legeringer vil der ske et vist slid (primært på pumpehjul og metal anvendt i korrosive miljøer). Dette slid vil formentlig udgøre omkring 0,01-0,1% af det årlige metalforbrug i Danmark /93/ og kan derfor vurderes som betydningsløst.

### 3.1.3 Koboltholdige legeringer

<u>Anvendelse</u>	Koboltholdige legeringer omfatter primært højtemperaturlegeringer, hurtigstål (værktøjsstål)., sintrede hårdmetaller og magneter.
<u>Fremstilling i DK</u>	Koboltholdige sintrede hårdmetaller fremstilles i DK. Herudover foregår en bearbejdning af hurtigstål og højtemperaturlegeringer i Danmark.
<u>Forbrug i DK</u>	Der er ikke forsøgt foretaget en kortlægning af forbruget af koboltlegeringer i Danmark. Dette forbrug skal i stedet anslås som følger:  . Verdensproduktionen af kobolt er af størrelsen ca. 32.000 tons/år (1980 /7/).  Det antages, at ca. 70% af verdensproduktionen anvendes til fremstilling af legeringer (i USA blev i 1980 af et samlet forbrug på ca. 7.550 tons/år anvendt 74% til fremstilling af legeringer, se bilag A3). Forbruget af kobolt til legeringer på verdensplan kan herved anslås til ca. 22.400 tons/år.  Antages endvidere, at forbruget af koboltlegeringer i Danmark er af størrelsen 3-6 ‰ af verdensforbruget, kan forbruget af kobolt i legeringer i Danmark opgøres til 70-140 tons/år.
<u>Emission til omgivelserne</u>	Ved fremstilling af hårdmetal i Danmark sker formentlig en emission af kobolt til omgivelserne. Udfra oplysninger fra producenter skal anslås, at emissionen til luft er mindre end 100 kg/år, og emissionen til spildevand er mindre end 200 kg/år.

Ved bearbejdning af hårdmetal i Danmark sker et vist spild af kobolt som bortskaffes som affald til losseplads eller andet. Idet der udfra oplysninger fra producenter og /1/ kan anslås, at der i form af hårdmetal og hurtigstål formodentlig bearbejdes ca. 50 tons kobolt i Danmark årligt, og da der kan påregnes et spild af størrelsen 0,3-1% /80/ kan spildet af kobolt til affald anslås til 0,15-0,5 tons kobolt/år.

Det bemærkes, at kobolt er et meget dyrt metal, af hvilken årsag spildet må påregnes reduceret mest muligt. Koboltholdigt skrot, såsom skæreværktøj kan påregnes genanvendt /80/.

#### 3.1.4 Nikkelholdige legeringer

##### Anvendelse

I legeringer anvendes nikkel primært i rustfrit og varmebestandigt stål. Endvidere i højtemperaturlegeringer, nikkel-kobberlegeringer, nysølv og andre legeringer.

Nikkel-kobber legeringer anvendes bl.a. til møntfremstilling.

##### Fremstilling i DK

I Danmark legeres nikkel med kobber ved fremstilling af mønter samt til en række industrielle formål. Endvidere legeres nikkel med jern ved fremstilling af forskellige stålvarer. Endelig foregår en forarbejdning af såvel jern, kobber og andre nikkelholdige legeringer. Herudover foregår en oparbejdning af nikkelholdigt jern og stålskrot (jfr. afsnit 5.1).

##### Forbrug i DK

Forbruget af nikkel til fremstilling af mønter er af størrelsen ca. 100 tons/år /88/. Herudover anvendes omkring 30 tons/år nikkel i form af rent

metal og ferronikkel til fremstilling af stållegeringer og nikkelkobberlegeringer /30/. Endvidere foregår en betydelig recirkulation af nikkelholdigt kobberskrot.

Der må påregnes en betydelig import/eksport af nikkel med halvfabrikata og færdigvarer. Denne import/eksport er ikke forsøgt nærmere kortlagt. Det samlede forbrug af nikkel i legeringer i Danmark skal derfor anslås som følger:

Verdensproduktionen af nikkel er af størrelsen ca. 850.000 tons/år (1980 /7/).

Det antages, at ca. 80% af verdensproduktionen anvendes til fremstilling af legeringer (i USA blev i 1980 af et samlet forbrug på ca. 156.000 tons anvendt ca. 84% til fremstilling af legeringer, se bilag A4). Forbruget af nikkel til legeringer kan herved anslås til ca. 680.000 tons/år på verdensplan.

Antages endvidere, at forbruget af nikkellegeringer i Danmark er af størrelsen 2-4 ‰ af verdensforbruget, kan forbruget af nikkel i legeringer i Danmark opgøres til 1.400-2.700 tons/år.

Emission til omgivelserne

Der må påregnes en vis emission af nikkel og nikkelforbindelser til omgivelserne ved støbning, bearbejdning og anvendelse af nikkelholdige materialer i Danmark.

Der er ikke foretaget en nærmere kortlægning af mængden af nikkel der medgår til støbeprocesser og forskellig bearbejdning i Danmark. Emissionen til omgivelserne fra disse processer kan derfor kun anslås med meget betydelig usikkerhed.

På baggrund af /1, 2, 4, 85/ skal skønnes, at der i Danmark årligt anvendes af størrelsen 300-600 tons nikkel i støbeprocesser, excl. Stålvalseværket (se afsnit 5.1). Det bemærkes, at der i Danmark foregår oparbejdning af nikkelholdigt kobberskrot såvel som støbning af diverse nikkelholdige produkter på basis heraf.

Tab af råmateriale ved støberiprocesser kan ud fra foreliggende erfaringer anslås som følger:

Røggasemission	:	0,05-0,15%	af råmetalmængde
Slagge og opsamlet røgstøv	:	ca. 5%	- -
Spildevand	:	ca. 1%	- -

Det understreges, at disse tabsfaktorer alene skal opfattes som et skøn for de gennemsnitlige tab fra metalstøberier i Danmark idet forholdene må antages at variere betydeligt fra støberi til støberi. I røggasemissionen er indregnet, at næppe mere end ca. 10% af råmetalmængden i Danmark behandles ved støberier uden røgrensningsudstyr, samt at røgrensningsudstyr almindeligvis udgøres af posefiltre.

På denne baggrund skal tabet af nikkel fra støberiprocesser i Danmark anslås til:

til luft	:	0,2-0,9 tons/år
til vand	:	3-6 tons/år
som affald	:	15-30 tons/år

Slagge og aske må påregnes deponeret dels på kontrolleret losseplads, dels i særlige evt "ukontrollerede" depoter ofte tæt ved det enkelte støberi.

Tab af råmateriale ved bearbejdning af jern, stål og legeringer kan som gennemsnit anslås til 10-25% af den anvendte mængde af råmaterialer /80/. Heraf vil størsteparten af denne metalmængde dog blive opsamlet og leveret til skrothandlere, således at alene 0,5-2,5% af den anvendte mængde af råmateriale vil ende som affald sammen med bl.a. køle- smøremidler o.a. /80/. Emission til luft og spildevand kan anses for betydningsløs /80/.

Idet der årligt importeres ca. 25.000 tons rustfrit eller varmebestandigt stål til Danmark /1/, skal her skønnes, at der årligt bearbejdes en nikkelmængde af størrelsen 1500-3000 tons i Danmark. Indholdet af nikkel i affald fra bearbejdningsprocesser i Danmark kan således anslås til 10-75 tons årligt. Størsteparten af denne affaldsmængde vil utvivlsomt ende på lossepladser, mens kun en mindre del må påregnes tilført Kommunekemi.

Ved anvendelse af nikkelholdige legeringer vil ske et vist slid (primært på pumpehjul og metal anvendt i korrosive miljøer). Dette slid vil formentlig udgøre omkring 0,01-0,1% af det årlige metalforbrug i Danmark /93/ og kan derfor vurderes som betydningsløst.

En del af forbruget af nikkel til møntfremstilling vil blive tilført affald, jorden og vand. Dette gælder især nikkel anvendt i 10-ører, som i betydeligt omfang kan betragtes som "engangsmønter" /88/. Det årlige forbrug af nikkel til fremstilling af 10-ører i Danmark kan ud fra oplysninger fra /88/ anslås til ca. 30 tons, som således kan påregnes tabt til omgivelserne (svarende til at

hver dansk husstand smider 10-15 10-ører væk årligt). Her skal antages, at ca. 20 tons ender i affald, ca. 8 tons i jorden og ca. 2 tons i vand.

### 3.2. LÆDERGARVNING

<u>Anvendelse</u>	Kromgarvning af læder er et normalt trin i fremstillingen af læder ud fra rå huder. Ca. 80-90% af alt garvet læder er kromgarvet /32/.
<u>Produktion i DK</u>	I Danmark findes seks garverier. Det nuværende forbrug af krom til garvning i Danmark udgør ca. 100 tons/år /32/.
<u>Råvarer</u>	Som råvarer anvendes hovedsageligt kromsulfat, i mindre omfang natriumdikromat evt. kaliumdikromat. /32, 34/.
	Der foregår en produktion af kromsulfat i Danmark. Størsteparten af denne produktion eksporteres /33/.
<u>Forbrug af kromgarvet læder i DK</u>	Af det årlige forbrug af krom til garvning i Danmark på ca. 100 tons, eksporteres ca. 15 tons i form af læderaffald, mens ca. 75 tons anvendes til fremstilling af lædervarer.
	Herudover foregår en betydelig nettoimport af garvede halv- og helfabrikata af læder til Danmark. På baggrund af oplysninger fra /1,35/ kan denne nettoimport anslås til ca. 4.000 tons/år, heri medregnet rejseartikler, beklædning, fodtøj og møbler. Antages at ca. 85% af denne nettoimport er kromgarvet og i så fald indeholder ca. 3% krom/32/ svarer denne nettoimport til en kromimport af størrelsen 100 tons/år.



Det samlede forbrug af krom i læder i Danmark kan således anslås til ca. 175 tons/år.

Emission til  
omgivelserne

Fra garverier emitteres for tiden ca. 10 tons krom (III) til kommunalt spildevand. Heraf opsamles ca. 8 tons i kommunalt spildevandsslam, således at det umiddelbare udslip af krom til vand fra garverier i Danmark er af størrelsen 2 tons/år /32/.

Emission af krom fra garverier i Danmark er reduceret betydeligt i de senere år og vil i løbet af et par år formodentlig være reduceret til ca. 8 tons/år /32/.

Ved produktionen af kromsulfat foregår et mindre udslip af krom til vand og luft. Udslip til vand er af størrelsen 1 kg/år, mens udslip til luft er mindre end 100 kg/år /34/.

Krombelastet kommunalt spildevandsslam deponeres for tiden hovedsageligt på kontrolleret losseplads.

### 3.3 Træbeskyttelse

- Anvendelse Trykimprægning af træ foretages normalt med en blanding af arsen, krom- og kobberforbindelser. Trykimprægning er den dominerende metode til industriel træimprægning i Danmark.
- Produktion i DK Trykimprægning af træ i Danmark foretages formentlig ved ca. 35 virksomheder /11/. Det samlede forbrug af imprægneringsmiddel i Danmark svarer til et forbrug af ca. 260 tons arsen og ca. 200 tons krom /12/.
- Råvarer Trykimprægneringsmidler indeholdende arsen og krom importeres til Danmark som færdige blandinger /13/. De anvendte arsen og kromforbindelser består i det væsentlige af arsenpentoxid, natriumdikromat og kromtrioxid.
- Forbrug af tryk-  
imprægneret træ  
i DK En opgørelse af det reelle forbrug af trykimprægneringsmidler i Danmark er behæftet med stor usikkerhed, da der foregår en betydelig nettoeksport af trykimprægneret træ fra Danmark.
- På baggrund af oplysninger fra /13, 14, 52/ kan anslås, at denne nettoeksport for tiden formentlig er af størrelsen ca. 30% af den danske produktion.
- Forbruget af arsen og krom til trykimprægning i DK kan her ved anslås til ca. 180 tons arsen og ca. 140 tons krom/år.
- Emission til omgivelserne Emission af arsen og krom til omgivelserne p.g.a. af anvendelsen i trykimprægneret træ kan finde sted ved:

1. Produktion af trykimprægneret træ.
2. Bearbejdning af trykimprægneret træ.
3. Udvaskning af arsen og krom fra trykimprægneret træ i konstruktioner.
4. Bortskaffelse af udtjent trykimprægneret træ.

Ad 1) Trykimprægnering foregår i dag generelt i lukkede kredsløb, hvorfra der ikke sker spild af betydning /13/. Efter imprægnering stilles træet til afdrypning på arealer, der som hovedregel i dag er asfalterede med opsamling af regnvand og imprægneringsvæske, der ledes tilbage til produktionen /13, 14/.

Det kan dog ikke udelukkes, at et mindre antal, især ældre virksomheder, til masteimprægnering er uden tilfredsstillende afdrypningsforanstaltninger, hvorved afdrypning f.eks. foretages direkte på jord. /13/. Hertil kommer udslip i forbindelse med uheld, rensning af udstyr og håndtering af kemikalier.

Ved produktionsprocessen opstår endvidere mindre slammængder p.g.a. urenheder fra træet, afdrypningsarealer m.m. Disse slammængder føres normalt til Kommunekemi /14/.

Der foreligger ingen præcise oplysninger om omfanget af arsen og krom emission samt slammængder fra trykimprægneringsvirksomheder i Danmark.

På denne baggrund skal her vurderes, at det gennemsnitlige tab af trykimprægneringsmidler i Danmark formodentlig er af størrelsen 1-2% af totalforbruget, svarende til 3-5 tons arsen og 2-4 tons krom årligt. Af disse mængder havner formodentlig ca.50% i jorden omkring eksisterende imprægneringsanstalter, mens resten tilføres Kommunekemi.

Ad 2) Trykimprægneret træ må forventes kun at blive bearbejdet (høvlet, savet o.l.) i relativt beskedent omfang, da en sådan bearbejdning forringer imprægneringen.

De affaldsmængder, der opstår ved bearbejdning af trykimprægneret træ, er formodentlig af størrelsen 2-5% af den imprægnerede træmængde /15/, svarende til ca. 5-13 tons arsen og ca. 4-10 tons krom årligt.

Af dette affald opstår formodentlig ca. 50% på produktionsvirksomheder, hvor affaldet må forventes bortskaffet ved afbrænding i industrifyr, mens resten formodentlig opstår i forbindelse med arbejde, udført af tømrere og selvbyggere og sandsynligvis tilføres losseplads /15/.

Det kan dog ikke udelukkes, at mindre mængder trykimprægneret affaldstræ stadig afbrændes af private på bål eller i pejse på trods af de advarsler, der foreligger mod dette (jvf. /16/).

Ved afbrænding af trykimprægneret træ i industrifyr med ca. 800°C. må påregnes fordampning af 50-80% af arsenmængden i træet, mens der kun frigøres ubetydelige mængder krom /17/. På denne baggrund kan anslås, at der ved afbrænding af trykimprægneret produktionsaffaldstræ formodentlig emitteres ca. 1-5 tons arsen årligt, mens der til losseplads føres ca. 4-8 tons arsen og ca. 4-10 krom årligt, idet aske fra industrifyr må påregnes tilført losseplads.

Ad 3) I Danmark kan normalt påregnes, at trykimprægneret træ først udleveres fra imprægneringsanstalterne, når ca. 95% af de anvendte imprægneringsmidler er fikseret, d.v.s. bundet tungopløseligt i træet /13, 14/. Fuldstændig fiksering d.v.s. ca. 100% opnås først efter en periode af op til ca. 2 måneder, afhængig af temperaturen /18/. I denne periode vil der være risiko for en vis udvaskning af ikke fikserede metaller, afhængig af opbevaringsvilkår. Herefter vil en vis udvaskning alene kunne finde sted for træ i stadig kontakt med vand f.eks. marine konstruktioner.

På baggrund af oplysninger fra /13, 14, 18/ skal sammenfattende vurderes, at udvaskning af arsen og krom fra trykimprægneret træ i Danmark næppe vil udgøre mere end ca. 1% af det årlige forbrug af disse metaller til trykimprægneret i træ i Danmark. Dette svarer til en emission på ca. 2 tons arsen og ca. 1,5 tons krom til vand årligt.

Ad 4) Der foreligger ingen opgørelse af mængden af trykimprægneret træ, der årligt bortskaffes i Danmark. Vurderet udfra, at trykimprægnering af træ i Danmark først er påbegyndt omkring 1960 /15/ samt at trykimprægneret træ til de fleste formål vil have levetid på mindst 20 år /13, 14/, må mængden af trykimprægneret træ, der i dag bortskaffes i Danmark, antages for beskeden i forhold til det nuværende forbrug.

Afbrænding af udtjent trykimprægneret træ i affaldsforbrændingsanlæg må på længere sigt forventes at udgøre en betydelig kilde til emission af primært arsen, sekundært krom til luft i Danmark.

3.4 GlasAnvendelse og fremstilling

Arsen anvendes i mange glastyper og -varer for at modvirke blæredannelse samt som led i fjernelse af farvetoner (affarvning), hidrørende fra jernforurening af glas.

I Danmark anvendes arsen i form af arsentrioxid ved fremstilling af håndlavede glasvarer og må iøvrigt forventes at være tilstede i importerede glasvarer, såsom fjernsynsskærme, katodestrålerør, krystal- og bordglas samt sikkerhedsglas m.m. /6/.

Arsen vil endvidere i et vist omfang være tilstede i planglas o.l. ufarvede glasvarer /89/, men anvendes så vidt vides ikke i farvede flasker o.l.

Kromoxid og koboltoxid anvendes som farvestoffer til frembringelse af grønne og olivengrønne glasvarer f.eks. ølflasker /10/. Nikkel anvendes som farvestof i røgfavede glasvarer /10/.

Forbrug i Danmark

Det nuværende årlige forbrug af arsen til glasfremstilling i Danmark er formodentlig af størrelsen ca. 5 tons årligt.

Til Danmark foregår formodentlig en nettoimport af 5.000-10.000 tons glasvarer årligt, som er arsenholdige /1/. Indholdet af arsen i glas er normalt af størrelsen ca. 0,1-0,7% /6/. Antages et middel på ca. 0,3%, vil denne nettoimport svare til ca. 15-30 tons arsen årligt. Forbruget af arsen i glas i DK kan herved anslås til ca. 20-35 tons/år.

Hertil kommer muligvis et forbrug af arsen med planglas. Dette forbrug er formodentligt beskedent men det kan ikke udelukkes at visse glasfabrikker i Europa anvender arsen til dette formål /89/.

Det nuværende forbrug af krom og kobolt til glasfremstilling i Danmark kan udfra oplysninger fra producenter anslås til < 7 tons/år, henholdsvis ca. 0,8 tons/år. Nettoimporten af grønne glasflasker o.l. til Danmark er af størrelsen 10.000-15.000 tons/år /1/. Idet indholdet af krom og kobolt i grønne glasvarer er af størrelsen 0,13%, henholdsvis 0,012% /10/ vil denne nettoimport svare til ca. 13-20 tons krom og ca. 1,2 - 1,8 tons kobolt årligt.

Forbruget af krom og kobolt i glas i Danmark kan herved anslås til ca. 15-25 tons krom og ca. 2-3 tons kobolt årligt.

Forbruget af nikkel kan anses for betydningsløst.

Emission til  
angivelserne

Emissionen af arsen til luft ved fremstilling af glas i Danmark kan på baggrund af oplysninger fra producenter anslås til omkring 1 ton/år. En arsenmængde af samme størrelsesorden vil opsamles som affald, der leveres til Kommunekemi.

Emissionen af kobolt og krom til luft ved fremstilling af glas i Danmark er formodentlig beskedent. Der foreligger dog ingen præcis viden herom.

Kasserede glasvarer vil i det omfang, de ikke recirkuleres, havne i fast affald og deponeres på losseplads eller afbrændes i forbrændingsanlæg. I ingen tilfælde kan forventes væsentlig frigivelse af arsen, krom og kobolt til omgivelserne.

### 3.5 Ildfaste Materialer

<u>Anvendelse</u>	I form af $\text{Cr}_2\text{O}_3$ er krom en vigtig komponent i mange ildfaste materialer, herunder ildfaste mursten til ovne og støberisand.
<u>Fremstilling i DK</u>	Støberisand og ildfaste mursten fremstilles i Danmark udfra importeret krommalm.
<u>Forbrug i DK</u>	Forbruget af kromholdigt støberisand og ildfaste sten o.l. i Danmark kan anslås til 700-800 tons $\text{Cr}_2\text{O}_3$ årligt /28/. Dette svarer til et kromforbrug af størrelsen 500 tons/år til disse formål.
<u>Emission til omgivelserne</u>	Udtjent ildfast materiale vil blive deponeret. Der vil formentlig blive deponeret en mængde omtrent svarende til forbruget d.v.s. ca. 500 tons krom/år. Kromindholdet i dette materiale er kemisk stabilt og frembyder ingen deponeringsrisiko /28/.
	En mindre del af kromindholdet i ildfaste produkter vil overføres til de materialer (primært jern), som er i forbindelse hermed /73/.

### 3.6 Sikkativer i maling og lak

<u>Anvendelse</u>	Forskellige koboltforbindelser anvendes sammen med lignende forbindelser af bly og zink som sikkativer, d.v.s. tørremidler i maling, lak, fernis o.l. på alkydbasis.
<u>Fremstilling i DK</u>	Der fremstilles ikke sikkativer i Danmark, men importerede sikkativer anvendes i alkydmaling m.m., fremstillet i Danmark /36/.



Forbrug i  
Danmark

Forbruget af maling, lak, fernis o.l. på alkyd-basis i Danmark er af størrelsen 10.000 tons/år, /4/. Idet disse varer indeholder ca. 0,3% kobolt (vægt %) /36/ kan forbruget af kobolt som sikkativ anslås til ca. 30 tons/år.

Emission til  
omgivelserne

Anvendelse af kobolt i malervervarer indebærer før eller siden et tab af det anvendte kobolt til omgivelserne.

Udfra /56, 82, 83, 84/ skal her anslås, at en betydelig del af forbruget (groft skønnet 50-70% svarende til 15-20 tons/år) vil ende som fast affald i losspladser og affaldsforbrændingsanlæg. En mindre del (formodentlig omkring 10% svarende til ca. 3 tons/år) vil blive tilført Kommunekemi. Resten vil blive spredt diffust som spildevand, udslip til luft eller maling afskallet eller afrenset ved byggepladser, skrot pladser o.l. Udslip til luft udgør sandsynligvis kun en minimal del af denne diffuse spredning. Her skal derfor i mangel af bedre oplysninger antages at den diffuse spredning fordeler sig med 10-20% af forbruget, d.v.s. 3-6 tons/år som spildevand og en tilsvarende mængde afskallet eller afrenset ved byggepladser, skrotpladser o.l.

### 3.7 Farvestoffer

#### Anvendelse

Såvel krom, nikkel og kobolt, herunder kromater, titanater og oxider, anvendes i forskellige kemiske forbindelser som farvestoffer i maling, autolak, plast, keramik, porcelæn, tekstiler, samt ved anodisering.

Arsen kan anvendes i skibsmalinger, hvilket næppe finder sted i Danmark, da arsen ikke anvendes ved fremstilling af sådanne varer i Danmark /37/.

#### Fremstilling i DK

Uorganiske pigmenter af krom, nikkel og kobolt fremstilles ikke i Danmark. Det vides ikke, om der foregår fremstilling af organiske kompleksforbindelser, indeholdende disse forbindelser i DK.

Derimod foregår en fremstilling af malevarer, autolak samt masterbatch til plast i Danmark.

#### Forbrug i DK

Forbruget af kromatbaserede pigmenter (primært bly- og zinkkromater) til maling, lak og plast i DK kan anslås som følger:

Nettoimporten af krom med bly- og zinkkromat samt kromatbaserede pigmenter udgør omkring 110 tons/år/1/ (kromatbaserede pigmenter indeholder 10-24 % Cr /36/).

Af denne import anvendes af størrelsen 90% til fremstilling af malervervarer, mens ca. 10% anvendes til plast /38/.

Fra Danmark foregår en nettoeksport af maling, lak m.m. af størrelsen ca. 30% af produktionen i Danmark /1, 4/.

Antages samme gennemsnitlige indhold af krom som kromat i såvel importerede/eksporterede som dansk producerede malerverer, kan forbruget af kromat i malerverer i Danmark anslås til ca. 70 tons Cr/år. Hertil kommer en import af kromat-baserede pigmenter med importerede færdigvarer, herunder biler. Denne import kan dog på baggrund af oplysninger fra /38, 39/ vurderes som relativt ubetydelig.

Til og fra Danmark foregår en vis import af kromatholdige masterbatch til plast samt halv- og helfabrikata af plast. På baggrund af oplysninger fra /40, 67/ kan vurderes, at det samlede forbrug af blykromater i plast i Danmark formodentlig er af størrelsen 100-200 tons/år, svarende til et kromforbrug af størrelsen 20-40 tons/år.

Forbruget af nikkel som pigment (formodentlig som nikkeltitanat) i malerverer i Danmark er sandsynligvis af størrelsen 2-3% af kromforbruget /36/, svarende til ca. 2 tons Ni/år. Der foreligger ingen oplysninger om forbrug af kobolt som pigment i malerverer i Danmark. Et evt. forbrug er dog formodentlig betydningsløst.

Forbrug af nikkel og kobolt som pigment i plast i Danmark er formentlig af størrelsen ca. 0,5 ton Ni (som nikkeltitanat) og < 1 ton Co /40/.

Forbruget af nikkel og kobolt som farvestof til keramik og porcelænsfremstilling i Danmark kan på baggrund af oplysninger fra /76, 77, 78/ anslås til ca. < 0,1 tons nikkel og ca. 1,3 tons kobolt årligt. Det er ikke forsøgt at vurdere import/eksport med disse varer til og fra Danmark.

Der må endvidere forventes et vist forbrug af kromoxid som farvestof til keramikfremstilling i Danmark. Der foreligger ingen oplysninger om størrelsen af dette forbrug, som her derfor skal anslås til < 1 tons/år ved analogislutning til forbruget af kobolt.

Forbruget af krom- og koboltholdige farvestoffer til indfarvning af aluminium i forbindelse med anodisering kan anses for betydningsløst /81/.

Der foreligger ikke oplysninger om forbruget af krom, kobolt og nikkel til tekstilfarvning.

Emission til omgivelserne

Anvendelse af krom i kromatholdige malinger indebærer før eller siden et tab af det anvendte krom til omgivelserne. På baggrund af /56, 82, 83, 84/ kan vurderes, at en betydelig del af forbruget (groft skønnet 50-70%), svarende til 35-50 tons/år, vil ende som fast affald i lossepladser og affaldsforbrændingsanlæg. En mindre del (formodentlig omkring 10% svarende til 5-10 tons/år) vil blive tilført Kommunekemi. Resten (d.v.s. 15-30 tons/år) vil blive spredt diffust som spildevand, udslip til luft og maling afskallet eller afrenset ved skibsværfter, byggepladser, skrotpladser o.lign. Udslip som spildevand udgør sandsynligvis kun en mindre del (skøn 5-10 tons/år) af denne diffuse spredning, mens udslip til luft formodentlig er betydningsløst.

Krom anvendt i plast (20-40 tons Cr/år) må før eller siden forventes bortskaffet fuldstændigt med affald.

For nikkel og kobolt, anvendt i maling og plast, må anlægges vurderinger analoge til krom, dvs:

Bortskaffelse til	Nikkel tons/år	Kobolt tons/år
- affald		
fra maling	1,0-1,4	0
fra plast	0,5	< 1
- Kommunekemi	0,2	0
- diffus spredning	0,4-0,8	0

Metaller anvendt som farvestoffer på keramik og porcelæn vil ligeledes på lang sigt blive tilført affald. Levetiden for disse varer er dog betydelig, og de anvendte fremstillingsprocesser medfører, at der næppe vil foregå væsentlige frigørelse af metaller fra disse varer, hverken på losseplads eller i affaldsforbrændingsanlæg.

Ved fremstilling af keramik og porcelæn sker dog et vist tab af metaller til affald og spildevand. For kobolts vedkommende kan omfanget af disse tab udfra oplysninger fra producenter anslås til ca. 0,3 tons med affald samt ca. 0,05 tons med spildevand mens tabet til luft er betydningsløst. Det bemærkes, at den anvendte koboltforbindelse (koboltaluminat) må betragtes som uopløselig og termisk stabil. Der foreligger ikke oplysninger om tabet af krom i fremstillingsprocesser. Dette tab kan dog betragte som betydningsløst i forhold til andre anvendelse af krom som farvestof.

3.8 Foderstoffer og vitaminer

<u>Anvendelse</u>	Kobolt er et essentielt mikronæringsstof og tilsættes derfor til mineralblandinger til husdyr. Kobolt indgår endvidere i vitamin B <sub>12</sub> (cyanokobalamin). Endvidere vil såvel kobolt, arsen, krom og nikkel være tilstede i foderstoffer som følge af naturlig forekomst af disse metaller i mineraler samt evt. forurening.
<u>Fremstilling i DK</u>	I foderstoffer tilsættes kobolt primært som kobolt-sulfat, sekundært som koboltkarbonat og vitamin B <sub>12</sub> . Fremstillingen af foderstoffer foretages overvejende i Danmark udfra importerede råvarer /21/.
<u>Forbrug i DK</u>	<p>Udfra oplysninger fra danske producenter /23, 24, 25, 26/ af foderstoffer (mineralblandinger) kan vurderes, at der for tiden (ca. 1982) anvendes ca. 6 tons koboltsulfat, svarende til ca. 1,5 ton kobolt i foderstoffer i Danmark årligt.</p> <p>Hertil kommer naturligt indhold af kobolt i mineraler. Der foreligger ikke præcise oplysninger herom, men det samlede forbrug af kobolt i mineraler i Danmark er i /20/ anslået til 1-8 g pr. ha landbrugsareal årligt, svarende til ca. 3-24 tons/år. I kraft af at forholdet mellem nikkel og kobolt i naturlige mineraler almindeligvis er af størrelsen 5 til 1 /26/ må vurderes, at koboltforbruget formodentlig snarere er af størrelsen 5 tons/år end 24 tons/år. (jfr. nedenstående oplysninger om nikkelforbrug).</p> <p>Importen af vitamin B<sub>12</sub> - blanding til DK er ca. 70 tons/år /1/, hvilket udfra oplysninger fra /41, 42/ må påregnes at svare til mindre end 30 kg kobolt pr år. Det totale forbrug af kobolt med vitamin B<sub>12</sub> i Danmark er formentlig mindre end 50 kg/år.</p>

Forbruget af nikkel i kraftfoder og mineraler er opgjort til ca. 15 tons/år /19/.

Der foreligger ingen opgørelse af forbruget af krom i kraftfoder og mineraler i Danmark, men det samlede forbrug i foderstoffer (egentlig naturgødning) er anslået til ca. 15-30 tons/år /20/. Antages, at ca. 67% af dette forbrug stammer fra kraftfoder og mineraler, mens resten beror på grovfoder (som for nikkel /19/) kan forbruget af krom i Danmark med kraftfoder og mineraler anslås til 10-20 tons/år.

Der foreligger følgende oplysninger om indholdet af arsen i kraftfoder og mineralblandinger /43, 44/:

Vare	Arseninhold (mg/kg)			bemærkninger
	gns	variation	Max. tiladeligt	
Fiskemel	6,0	1,6-17,3	10	ialt 16 prøver
Mineraler og foderblandinger	0,5	0-1,8	2	ialt 18 prøver

Antages disse koncentrationen at være repræsentative for almindeligt kraftfoder, kan forbruget af arsen i foderstoffer anslås som følger:

Forbrug af foderblanding og mineraltilskud DK /19/	ca. 2,6 mio. t/år	1-2 tons As/år
--	-------------------	----------------

Forbrug af fiskemel og ensilage /19/	ca. 45,000 t/år	0,02-0,3 tons As/år
--------------------------------------	-----------------	---------------------

---

I alt ca.		1-2 tons As/år
-----------	--	----------------

Emission til omgivelserne Praktisk taget hele forbruget af arsen, krom, kobolt og nikkel i foderstoffer må påregnes tilført i landbrugsarealet i form af husdyrgødning.

3.9 Akkumulatorer og batterier

Anvendelse Nikkel indgår i form af nikkeloxyd som katode i nikkel-cadmium-akkumulatorer. Endvidere vil nikkel i form af nikkeloxyd indgå i den såkaldte Edison celle (jern/kaliumhydrat/nikkeloxyd).

Fremstilling i DK Akkumulator og batterier på nikkelbasis fremstilles såvidt vides ikke i Danmark.

Forbrug i Danmark Det nuværende forbrug af nikkel-cadmium-akkumulatorer i Danmark kan anslås som følger:

Gastætte akkumulatorer:

I alt 26-37 tons/år /97/

Ikke-gastætte akkumulatorer:

I alt 100-300 tons/år (baseret på et anslået cadmium forbrug med sådanne akkumulatorer på 4,5-12 tons Cd/år og et cadmiumindhold i disse akkumulatorer på ca 4% /97/).

Med et formodet gennemsnitsindhold på ca. 48% Ni i de gastætte og ca. 10% Ni i de ikke gastætte akkumulatorer /54/, svarer dette til et forbrug på 20-50 tons Ni/år i nikkelcadmium akkumulatorer.

Der foreligger ingen præcise oplysninger om forbruget af nikkel med Edison celler. Et evt. forbrug hermed i Danmark kan dog antages for relativt beskedent, sammenlignet med forbruget til nikkel-cadmium akkumulatorer /1, 53/.

Bortskaffelse af affald Udfra /97/ sammenholdt med et nikkelindhold på ca. 48% i gastætte nikkel-cadmium-akkumulatorer kan bortskaffelsen af nikkel med sådanne akkumulatorer i 1982 anslås som følger:



Til Kommunekemi: ca. 0,5 tons Ni/år  
Med fast affald: ca. 0,5 tons Ni/år.

Det bemærkes at forbruget af disse akkumulatorer må regnes at have været stigende igennem en længere årrække. Levetiden er af størrelsen 5-10 år.

For de ikke-gastætte nikkel-cadmium-akkumulatorer vides at der med sådanne akkumulatorer indleveres ca. 0,4 tons Ni/år til Kommunekemi mens andre ca. 0,4 tons Ni/år reeksporteres via importører /97/. Herudover må en del nikkel med sådanne akkumulatorer forventes at blive opblandet i jern- og stålskrot eller i blyakkumulatorskrot. En vis mængde nikkel med akkumulatorer der anvendes i skibe og flyvemaskiner må forventes bortskaffet i andre lande /97/. Der foreligger dog ikke nærmere oplysninger om disse forhold.

3.10 Overfladebehandling/galvanisering

Anvendelse Såvel krom som nikkel anvendes som overfladebehandling på andre materialer (primært jern og stål) for at forebygge korrosion af disse eller som slidlag.

Herudover anvendes krom til kromatisering af primært forzinkede overflader. Kobolt anvendes som overfladebehandling til særlige formål.

Fremstilling i DK Overfladebehandling med krom (forkromning) og nikkel (fornikling) foretages i DK på omkring 175 virksomheder /55/. Der findes 10 kromateringsanlæg i Danmark.

Forbrug i DK Idet der ikke foreligger nærmere oplysninger om til hvilke formål, kobolt anvendes til overfladebehandling i Danmark, kan forbruget af råvarer til galvanisering anslås som følger:

Proces	Råvarer	Forbrug tons/år	Referencer
Forkromning/ kromatering	Kromtrioxid/ Natriumdikromat.	100-200 Cr <sup>3)</sup>	1)
Fornikling	Nikkelanoder	ca. 100 Ni	/30/
	Nikkelsulfat	ca. 26 Ni	se tabel 2.4 <sup>2)</sup>
	Koboltsulfat	ca. 0,7 Co	/29/

Noter: 1) Vurderet på baggrund af /55, 56, 57, 60/

2) Formodentlig eneste væsentlige anvendelse for nikkelsulfat i DK. Størrelsesorden af forbrug rimelig /58/.

3) Forbruget til kromatisering udgør næppe mere end 6 tons Cr/år /32/.

Af dette forbrug kan som gennemsnit antages en udnyttelse af kromtrioxid/natriumdikromat på ca. 30%, og nikkelanoder på ca. 100 %, mens øvrige metalsalte udnyttes ca. 50% /57, 58/. Således vil der på overfladebehandlede produkter fremstillet i Danmark formentlig ende 30-60 tons krom, ca. 113 tons nikkel og ca. 0,35 tons kobolt årligt. Resten af råvareforbruget opsamles i spildevandsslam eller emitteres med spildevand (jfr. emissioner).

Til og fra DK foregår formodentlig en betydelig import/eksport af krom, nikkel og kobolt med overfladebehandlede hel- og halvfabrikata. Denne import/eksport er ikke søgt nærmere kortlagt.

Det totale forbrug af nikkel, krom og kobolt til overfladebehandling i DK skal i stedet groft anslås som følger, idet det antages at det relative forbrug af de angivne metaller til overfladebehandling i USA kan anses retningsgivende for forbruget på verdensplan:

Metal	Verdens- produktion <sup>1)</sup>	Relativt forbr. til overflade- behandling <sup>2)</sup>	DK's andel af verdens forbrug til overflade- behandling <sup>3)</sup>	Anslået forbrug i DK til overflade- behandling <sup>3)</sup>
	mio. tons/år	o/o	o/oo	t/år
Krom	3,0	3,3	2-8	200-80
Nikkel	0,85	12	2-8	200-80
Kobolt	0,032	1-2	2-8	1-5

Noter: 1) Efter /7/

2) Som USA 1977-80 /7, 31/, forbruget af kobolt til overfladebehandling er skønnet.

3) Anslået udfra at DK's befolkning udgør ca. 1 o/oo af den samlede befolkning i verden og ca. 7 o/oo af den samlede befolkning i Vesteuropa, USA og Japan.

Emission til  
omgivelserne

Der må forventes en betydelig emission af især krom og nikkel til omgivelserne ved afskalling og slid på forkromede og forniklede emner. Der foreligger ingen nærmere undersøgelser af dette forhold, og denne emission kan derfor kun anslås med meget betydelig usikkerhed.

På baggrund af diskussion med /59/ skal her antages, at et forkromet/forniklet emne i gennemsnit først kasseres, når 25-50% af overfladebelægningen er væk. Dette svarer til et samlet tab af krom og nikkel til omgivelserne på 50-400 tons krom og 50-400 tons nikkel årligt.

Dette tab må formodes at havne i affald (gadeopfej, husholdningsaffald, erhvervsaffald), spildevand (kommunalt spildevand regnvand) og jorden, formentlig fordelt som følger:

	Andel	Mængde (tons/år)	
		Krom	Nikkel
Affald	ca. 50%	= 25 - 200	25 - 200
Spildevand	ca. 25%	= 13 - 100	13 - 100
Jorden	ca. 25%	= 13 - 100	13 - 100

P.g.a. manglende viden om anvendelsesområder for kobolt som overfladebehandling skal ikke angives noget skøn for en evt. emission ved afskalling og slid.

Der foregår endvidere som tidligere nævnt en vis emission af krom, nikkel og kobolt fra overfladebehandlingsvirksomheder i Danmark.

På baggrund af følgende forudsætninger:

- Med spildevand og spildevandsslam bortskaffes årligt 70-140 tons Cr, ca. 13 tons Ni og ca. 0,35 tons Co.
- 85-90% af alt spildevand fra galvaniseringsvirksomheder renses, mens resten udledes fra virksomhederne i urensset tilstand /58/.
- Renset spildevand indeholder i middel 1-2 g/m<sup>3</sup> Cr og 1+2 g/m<sup>3</sup> Ni /55, 58/.
- Vandforbruget til galvaniseringsvirksomhed i DK er formentlig af størrelsen ca. 1,5 mio. m<sup>3</sup>/år /55, 57/.

kan beregnes, at der i spildevandsslam opsamles 60-120 ton Cr og ca. 9 tons Ni, mens der med spildevand fra virksomhederne udledes 10-20 tons Cr og ca. 4 tons Ni. Udledning af kobolt med spildevand og opsamling i slam skal her anslås til 0,1 tons henholdsvis 0,25 tons årligt ved analogislutning til nikkel, da mere præcise oplysninger savnes.

Størsteparten af spildevandet (antagelig ca. 80% /60/) må påregnes tilført det offentlige kloaknet, mens resten udledes direkte.

Spildevandsslam tilføres formentlig som hovedregel Kommunekemi. Det kan dog ikke udelukkes (jfr. /57/), at en del spildevandsslam bortskaffes på anden vis.

3.11 Andre anvendelser

Udover de i forrige afsnit beskrevne anvendelser, anvendes arsen, krom, kobolt og arsen til en række formål, som ikke er søgt kortlagt nærmere og som mængdemæssigt hovedsageligt er af mindre betydning.

Arsen Af andre anvendelser for arsen kan bl.a. angives:

- Katalysatorer til organisk kemisk formål.
- Giftgasser til militærformål.
- Lyseffekter i fyrværkeri.
- Medicin, såvel human som veterinær.
- Tilsætning til motorbrændstof
- Korrosionshæmmende middel for stål
- Flotationsmidler (formentlig ved separering af mineraler)

Det vides, at arsen ikke anvendes som pesticid og herbicid i Danmark /65/ samt formodentlig næppe heller til fyrværkeri /66/. Anvendelse som flotationsmiddel finder næppe heller sted i Danmark.

Det samlede forbrug af arsen til andre formål kan anslås som følger:

Med baggrund i forbruget af arsen i USA 1980 (jfr. bilag A1) kan skønnes, at forbruget af arsen til "andre anvendelser" på verdensplan næppe vil udgøre mere end ca. 10% af det samlede verdensforbrug. Idet verdensproduktionen af arsen i 1980 var på mellem 24.000 og 30.000 tons/år og DK's andel af det samlede forbrug på verdensplan skal anslås til ca. 5 o/oo, kan forbruget i Danmark til andre formål groft anslås til ca. 15 tons/år.

Krom Af andre anvendelser for krom kan bl.a. angives /31, 98/:

- Katalysatorer, bl.a. til methanolfremstilling
- Boremudder til brug ved olie- og naturgasboringer
- Tørbatterier
- Magnetbånd til båndoptagere
- Vandanalyser, måling af kemisk iltforbrug
- Affedtning og bejdsning af metaller m.m.
- Passivering af phosphateringsbelægninger
- Grafiske formål

Katalysatorer fremstilles i DK. Ifølge oplysninger fra producenter eksporteres dog størsteparten af produktionen. Udslip af krom til vand og luft i forbindelse med denne produktion er betydningsløst, men der tilføres årligt Kommunekemi ca. 1,5 tons krom i form af affald og spildevands slam.

Det samlede forbrug af krom til andre anvendelser kan anslås som følger:

Med baggrund i forbruget af krom i USA 1977 (jfr. bilag A2) kan forbruget af krom til andre anvendelser anslås til ca. 5% af det samlede forbrug. Idet verdensproduktionen af krom i 1980 var på ca. 3 mio. tons /7/ og DK's andel af det samlede forbrug på verdensplan skal anslås til 2-8 o/oo kan forbruget af krom til andre formål i Danmark groft anslås til ca. 300-1200 tons/år.

#### Kobolt

Af andre anvendelser for kobolt kan bl.a. angives:

- Accelerator i polyesterplast
- Katalysatorer, bl.a. til afsvovning af olie og andre oxidationsprocesser.
- Fugtighedsindikatorer.
- Radioaktiv kobolt (kobolt-60)
- Kobolt-bomben.

Katalysatorer fremstilles i Danmark. Ifølge oplysninger fra producenter eksporteres dog størsteparten af produktionen. Udslip af kobolt til vand og luft i forbindelse med denne produktion er betydningsløst, men der tilføres årligt mindre koboltmængder til Kommunekemi i form af affald og spildevandsslam.

Det samlede forbrug af kobolt til andre formål i Danmark kan anslås som følger:

Med baggrund i forbruget af kobolt i USA 1980 (jfr. bilag A3) kan forbruget af kobolt til andre anvendelser anslås til 12-15% af det samlede forbrug. Idet verdensproduktionen af kobolt i 1980 var på ca. 32.000 tons /7/ og Danmarks andel af det samlede forbrug på verdensplan skal anslås til 2-8 o/oo, kan forbruget af kobolt til andre anvendelser i Danmark groft anslås til ca. 10-40 tons/år. Dette forbrug går formodentlig i betydeligt omfang til katalysatorer.

#### Nikkel

Af andre anvendelser for nikkel kan bl.a. angives:

- Katalysatorer, bl.a. til hærkning af fedtstoffer, brint- og ammoniakfremstilling samt vitaminfremstilling.
- Stabilisatorer i polyofinoler.
- Elektriske kontakter og lynaflederspidsler.
- Adsorption af ammoniak i gasmasker.
- Nikkel-coatede blyhagl.
- Fremstilling af trykplader ved offset-trykning

Katalysatorer fremstilles i Danmark. Ifølge oplysninger fra producenterne eksporteres dog størsteparten af produktionen. Udslip af nikkel til vand udgør ca. 0,05-0,1 tons/år, mens udslip til luft er betydningsløst. Herudover tilføres



årligt Kommunekemi ca. 1,5 tons nikkel i form af affald og spildevandsslam, mens ca. 4-5 tons nikkel eksporteres som affald.

Nikkel anvendes næppe som stabilisator i polyofinoler i Danmark /67/. Det samlede forbrug af nikkel til andre anvendelser kan anslås som følger:

Med baggrund i forbruget af nikkel i USA 1977 (jfr. bilag A4) kan forbruget af nikkel til andre anvendelser anslås til ca. 2% af det samlede forbrug på verdensplan.

Idet verdensproduktionen af nikkel i 1980 var på ca. 850.000 tons/7/ og Danmarks andel af det samlede forbrug på verdensplan skal anslås til 2-8 o/oo kan forbruget af nikkel til andre anvendelser i Danmark groft anslås til 30-140 tons/år.

## 4. ANVENDELSER SOM FØLGESTOF I DANMARK

4.1 HandelsgødningAnvendelse

Såvel arsen, krom, kobolt og nikkel vil være til stede i fosfatholdig handelsgødning af forskellig type grundet disse metalleres forekomst i naturlige råfosfater. Krom og eventuelt også nikkel må endvidere påregnes at blive tilført handelsgødning gennem afsmitning fra procesudstyr (rustfrit stål) /26/.

Kobolt vil endvidere være naturligt til stede i chilesalpeter.

Forbrug i  
DK

Det nuværende (1982-83) forbrug af fosfatholdige handelsgødninger i DK udgør /26/:

P og PK-gødninger :	ca. 300.000 tons/år
NP og NPK-gødninger:	ca. 930.000 tons/år

svarende til i alt ca. 50.000 tons P/år.

På baggrund af oplysninger fra /26,27/ kan beregnes, at der med dette P-forbrug tillige forbruges ca. 60 tons krom og ca. 8 tons Ni med handelsgødning i Danmark. Endvidere må forventes et forbrug af kobolt svarende til ca. 1/5-1/10 af nikkelforbruget, d.v.s. 0,8-1,6 tons/år /26/.

Arsenindholdet i handelsgødninger kan ud fra oplysninger fra /26,99/ anslås at svare til 3-4 tons/år, som væsentligst vil være indholdt i NPK-gødninger.

Der foreligger i øvrigt følgende vurderinger af metaltilførslen med handelsgødning til danske landbrugsarealer:

Kilde, bemærkninger	Krom t/år	Nikkel t/år	Kobolt t/år
/19/, forbrug ca. 1980	-	12	-
/20/, Gennemsnitlig tilførsel i perioden 1970-1975	45-90	12	0,09

Note: ovennævnte mængder er baseret på et samlet landbrugsareal i Danmark på 3 mill. ha.

Idet den angivne tilførsel på 0,09 tons/år af kobolt formodentlig næppe dækker tilførsel med fosfatholdige gødninger, skal det nuværende forbrug af metaller med handelsgødning i Danmark sammenfattende anslås som følger:

Krom : 50-80 tons/år  
 Nikkel : 8-12 tons/år  
 Kobolt : 1-2 tons/år  
 Arsen : 3-4 tons/år

I /20/ er endvidere angivet et forbrug af kobolt med jordbrugskalk på ca. 0,4 g/ha/år svarende til ca. 1,2 tons/år i alt for danske landbrugsarealer.

Emission til  
omgivelserne

Forbruget af arsen, krom, kobolt og nikkel med handelsgødning og jordbrugskalk vil i sagens natur blive tilført landbrugsarealer i Danmark.

Herudover vil foregå en tilførsel af disse metaller til havet (Lillebælt) som udslip fra gødningsproduktion herunder fremstilling af fosforsyre i Danmark.

Den nuværende emission af disse metaller til havet er af /26/ vurderet som følger:

Krom	:	ca.	0,2	tons/år
Nikkel	:	ca.	0,2	tons/år
Kobolt	:	ca.	0,04	tons/år
Arsen	:			ubetydelig

Det bemærkes, at de angivne emissioner til jord og vand i betydeligt omfang afhænger af metalindholdet i de anvendte råvarer til gødningsfremstilling. Dansk gødningsproduktion er for tiden i høj grad baseret på Kola-fosfat, hvilket så vidt muligt også vil være tilfældet fremover /26/.

4.2 Olie

Anvendelse Såvel arsen, krom, kobolt som nikkel forekommer naturligt i råolie.

Fremstilling i DK Råolie raffineres i Danmark.

Forbrug i DK Spormetaller forekommer i tunge olieprodukter. Forbruget af sådanne i Danmark (1980/1981) kan opgøres som følger, /1, 2, 4, 5/:

Gasolier : ca. 5.230.000 tons/år  
 Brændselolier: ca. 3.680.000 tons/år  
 Smøreolier : ca. 550.000 tons/år

Indholdet af spormetaller i disse produkter kan ansættes som følger:

	Spormetalindhold (mg/kg)			
	Arsen	Krom	Kobolt	Nikkel
Gasolie 1)	0,02	0,02	0,02	0,04
Brændselolie 2)	0,08	0,05	0,45	16,2
Smøreolie	Formentlig som brændselolie			

Noter: 1) Efter /45/, svensk reference olie Eo 1 (let fyringsolie) er påregnet at svare til gasolie

2) Efter /45/, svensk reference olie Eo 5 (tung fyringsolie) er påregnet at svare til brændselolie

Forbruget af spormetaller med olieprodukter i Danmark kan således anslås til:

Arsen : ca. 0,4 tons/år  
 Krom : ca. 0,3 tons/år  
 Kobolt: ca. 2,0 tons/år  
 Nikkel: ca. 70 tons/år

Emission til omgivelserne

Ved afbrænding af olie må påregnes en frigørelse af de spormetaller, der er indeholdt i olien, eftersom askeindholdet i olie er lavt (0,02%), /48/, og fyringsanlæg for olie almindeligvis ikke er udstyret med røgrensningsudstyr /46/.

På nær indholdet af spormetaller i smøreløser, som må antages bortskaffet dels til Kommunekemi, dels med fast affald eller andet, må forbruget af spormetaller i olie forventes frigivet til luft ved afbrænding af olien, svarende til følgende emission af spormetaller til omgivelserne:

	Til luft (tons/år)	Til Kommunekemi el. fast affald (tons/år)
Arsen	0,4	0
Krom	0,3	0
Kobolt	1,8	0,2
Nikkel	60,0	10,0

På baggrund af Studstrupundersøgelsen /46/ kan der beregnes følgende sporstofemission ved brug af brændselolie /48/:

	Emission mg/kg olie	Samlet emission Danmark (alene brændselolie tons/år)
Arsen	0,016	0,06
Nikkel	6,9	25

Det bemærkes dog, at dels er indholdet af spormetaller i den olie, der blev afbrændt ved Studstrupundersøgelsen, ikke undersøgt, dels er der alene foretaget måling af partikulært materiale /46/. Studstrupundersøgelsen vil derfor næppe give et realistisk billede af spormetalemission ved oliefyring.

4.3 Kul

Anvendelse Spormetaller som arsen, krom, kobolt og nikkel forekommer naturligt i kul.

Forbrug i i DK Importen af kul til Danmark udgjorde ca. 10 mill. tons i 1980 /2/. Forbruget ventes at vokse til ca. 16 mill. tons i 1989 /47/.

Ca. 10% af kulforbruget anvendes af industrier og fjernvarmeselskaber. Resten anvendes af elværkerne /47/.

Der foreligger bl.a. følgende oplysninger om indholdet af spormetaller i kul:

Tabel 4.1 - Indhold af As, Cr, Co og Ni i kul (mg/kg)

Metal	Studstrupund. /46/		/49/		/45/ 1)
	Polske kul	Sydafri. kul	Middel	Variation	
Arsen	7	10	5	1-15	4
Krom	-	21	20	5-30	10
Kobolt	-	-	10	1-20	4
Nikkel	16	20	20	5-30	10

Note: 1) Svensk referencekul, metalindhold baseret på analyser af kul fra forventede leverandører, heriblandt Polen /45/.

Kul fra Polen og Sydafrika dækkede ca. 35% af forbruget af kul i Danmark i 1981, mens ca. 40% blev dækket af kul fra U.S.A. /1/.



På baggrund af tabel 4.1 skal følgende spormetalkoncentrationer antages for typiske i kul importeret til Danmark:

Arsen	:	8 mg/kg
Krom	:	20 mg/kg
Kobolt	:	10 mg/kg
Nikkel	:	20 mg/kg

hvilket svarer til følgende forbrug af metaller med kul i 1980:

Arsen	:	ca. 80 tons/år
Krom	:	ca. 200 tons/år
Kobolt	:	ca. 100 tons/år
Nikkel	:	ca. 200 tons/år

Emission til  
omgivelserne

Emission af spormetaller til luft ved kulfyring er afhængig bl.a. af anvendte kul typer og røgrensningsudstyr ved det enkelte anlæg.

På baggrund af /47/ kan vurderes, at den effektive kraftværkskapacitet i 1980 kan fordeles efter røgrensningsudstyr som angivet i tabel 4.2.

Tabel 4.2 - Effektiv kraftværkskapacitet i 1980 fordelt  
 efter røgrensningsudstyr /47/

Røgrensnings- udstyr	Typisk partikel- emission mg/m <sup>3</sup> , n, t	1) Andel af effektiv kraftværkskapacitet %
Elfilter, ombyg. (som Vestkraft 2)	30	44
Elfilter, nyere (som Studstrup)	250	15
Elfilter, ældre	750	7
Tekstilfilter	50	5
Multicyklon o.lign. (som Svanemølleværket) 1000		29

Note: 1) Baseret på stor anvendelse af kul fra Polen og Sydafrika.

Størstedelen af kulforbruget ved kraftværkerne i Danmark må påregnes at finde sted ved anlæg udstyret med ombyggede elfiltre eller nyere elfiltre, mens øvrige anlæg, især anlæg med multicyklon o.lign., tjener som reservekapacitet /47/. En del anlæg med multicyklon o.lign., der sættes ind i forbindelse med spidsbelastninger, er endvidere oliefyrede /51/. Visse anlæg med multicyklon (f.eks. Svanemølle værket) fungerer dog som grundlastværk i forbindelse med fjernvarmeproduktion /51/.

Der foreligger ingen opgørelser af kulforbruget i Danmark fordelt på anlægstyper. Det skal derfor her antages, at emissionen af spormetaller ved kulfyring i Danmark i gennemsnit vil svare til

emissionen fra en anlægstype som Studstrup 1 (elfilter, nyere). Denne antagelse må vurderes som rimelig i betragtning af

- at anlæg med multicyklon o.lign. erfaringsmæssigt bidrager med en betydelig emission selv ved beskeden udnyttelse
- at ca. 10% af kulforbruget i Danmark anvendes i industrier og fjernvarmeverker i anlæg, hvis emission som hovedregel må påregnes at svare til Studstrup 1 eller anlæg med dårligere emissionsbegrænsning.

I tabel 4.3 er angivet de benyttede emissionsfaktorer samt det forventede udslip af spormetaller til luft ved kulfyring i Danmark.

Tabel 4.3 - Udslip af arsen, krom, kobolt og nikkel til luft ved kulfyring i Danmark

Metal	Forbrug i kul i DK tons/år	Emissions- faktor % <sup>1)</sup>	Udslip til luft i Danmark tons/år
Arsen	80	4	ca. 3
Krom	200	2	ca. 4
Kobolt	100	2	ca. 2
Nikkel	200	3	ca. 6

Note: Baseret på /46, 45, 48, 49/ idet dampemission er indregnet.

Såfremt mere end 15-20% af det samlede kulforbrug i Danmark afbrændes på anlæg med ældre elektrofiltre eller multicyklon o.lign. betegner de i tabel 4.3 angivne udslip til luft formentlig en undervurdering af de faktiske udslip.

Bortskaffelse af affald Fra elværker i Danmark blev i 1980 produceret /50/ ca. 1 mill. tons flyveaske ca. 0,37 mill. tons bundaske, kraftværks- og smeltekammerslagge .

Hertil kommer formodentlig ca. 0,1 mill. tons aske og slagge fra industrier og fjernvarmeværker.

I alt må denne aske- og slaggemængde må påregnes at have indeholdt

ca. 77 tons arsen  
ca. 196 tons krom  
ca. 98 tons kobolt  
ca. 194 tons nikkel.

Udfra /50, 96/ kan vurderes at disse mængder er bortskaffet nogenlunde som angivet i tabel 4.4

Tabel 4.4 Bortskaffelse af arsen, krom, kobolt og nikkel i restprodukter fra kulfyring

Bortskaffel- metode	Slagge/aske-1) mængde i alt mio. t/år	Tungmetalmængde 2)			
		Arsen t/år	Krom t/år	Kobolt t/år	Nikkel t/år
Vej- og dæm- ningsbyggeri o.lign.	0,28	15	37	19	37
Cement- og 1) betonfrem- stilling	0,40	21	53	26	52
Deponering/ opfyldning	0,49	25	65	32	64
Eksport	0,25	13	33	17	33
Andet 3)	0,05	3	8	4	8
I alt	1,47	77	196	98	194

Noter: se næste side

- Noter:
- 1) Anslået ud fra /50,96/.
  - 2) Antaget at tungmetalindholdet er jævnt fordelt over den samlede slagge-/askemængde.
  - 3) Omfatter smeltekamerslagge, som anvendes til sandblæsning.
  - 4) Heraf anvendes formodentlig ca. 0,35 mio. tons/år direkte i cementindustrien /96/.

Vedrørende de tungmetalmængder, som havner i veje, dæmninger, depoter o.lign. må vurderes, at en del heraf på lang sigt vil blive spredt til omgivelserne. Denne vurdering er baseret på, at en del af tungmetalindholdet i slagge/aske vides at være tilgængelig for udvaskning i kraft af at være knyttet til slagge-/askepartiklernes overflade. Denne andel er for flyveaske anslået som følger /100/:

Arsen :	40-80% af totalindhold
Krom :	10-20% af totalindhold
Nikkel:	20-40% af totalindhold

Der foreligger ikke oplysninger om kobolt, men det er rimeligt at antage samme grad af udvaskning som for nikkel, dvs. 20-40%.

Ud fra den foreliggende viden er det ikke muligt at vurdere præcist, hvor hurtigt udvaskningen af tungmetaller vil finde sted. Det er dog sandsynligt, at der reelt er tale om en periode af størrelsen 100-1000 år og evt. længere, før den del af tungmetalindholdet i slagge/aske, som er tilgængeligt for udvaskning vil være tilført omgivelserne.

Forudsættes, at den nuværende situation vil være stationær i de kommende 100-1000 år vil den faktiske udvaskning med tiden tilnærme sig de mængder, der er angivet i tabel 4.5.

Tabel 4.5 Fremtidig årlig udvaskning af arsen, krom, kobolt og nikkel indeholdt i slagge/aske, der anvendes til vej- og dæmningsbyggeri eller deponeres forudsat konstant kulforbrug og bortskaffelse

	Enhed	Arsen	Krom	Kobolt	Nikkel
Indeholdt i i slagge/aske i alt	tons/år	43	110	55	109
Tilgængelig 2) for udvaskning	%	40-80	10-20	20-40	20-40
Fremtidig 1) udvaskning	tons/år	17-34	11-22	11-22	22-44

- Noter
- 1) De angivne mængder svarer til udvaskningen efter en periode af størrelsen 100-1000 år og eventuelt længere.
  - 2) Efter /100/, det er antaget, at kobolt udvaskes i samme omfang som nikkel.

Hvorvidt den udvaskede tungmetalmængde vil blive tilført vand eller jord afhænger af slaggens/askens konkrete anvendelse. Bedømt ud fra den forventede praksis i de nærmeste kommende år /96/ er det sandsynligt at ca. 50% af slagge/askemængden vil blive anvendt til formål (dæmninger, havneopfyldning) hvor udvaskningen vil finde sted til havet, mens den resterende del vil blive placeret således at udvaskningen finder sted til jord.

Allerede i dag foregår dog en væsentlig emission af tungmetaller fra askeslemmedamme i forbindelse fra kraftværker.

Der er ikke indhentet præcise oplysninger om hvor stor slagge/askemængder for tiden deponeres i askeslemmedamme men vurderet udfra /96, 100/ kan den samlede mængde anslår til 200,000-400,000 tons/år.

Udfra undersøgelserne og vurderingerne omkring en askeø i jammerland Bugt kan beregnes at der ved deponering af flyveaske i askeslemmedamme vil ske en udvaskning af følgende størrelse:

Arsen : 3,0 kg/tons flyveaske pr. år.  
 Krom : 0,66 kg/tons flyveaske pr. år.  
 Nikkel : 0,66 kg/tons flyveaske pr. år.  
 Cobolt : Ikke undersøgt, her skal antages udvaskning i samme omfang som nikkel (relativt i forhold til indhold i aske/slagge), d.v.s 0,33 kg/tons flyveaske pr. år.

Med en samlet mængde på 200.00-400.000 tons pr. år svarer dette til en udvaskning til havvand på:

Arsen : 6-12 tons/år  
 Krom : 1,3-2,6 tons/år  
 Nikkel : 1,3-2,6 tons/år  
 Cobolt : 0,7-1,3 tons/år

Det understreges at denne opgørelse er behæftet med stor usikkerhed såvel omkring mængden af aske/slagge som omkring repræsiviteten af de undersøgelser, der ligger til grund for opgørelsen.

Vedrørende de tungmetalmængder, som er indeholdt i den flyveaske som anvendes ved cement- og betonfremstilling gælder, at der næppe vil ske væsentligt frigørelse af tungmetaller, som er indeholdt i den færdige cement og beton samt produkter heraf. Ved fremstilling af cement må imidlertid påventes et vist udslip af tungmetaller til luft.

Der foreligger ingen præcise oplysninger om omfanget af dette udslip, men det vides at de råstoffer der indgår i cementfremstillingen, som led heri bl.a. opvarmes til ca. 1400<sup>o</sup>, samt at røggasserne renses i elektrofilter /101/. Antages som et groft skøn samme emissionsfaktorer ved denne proces som for kulfyring (jfr. tabel 4.3) kam emissionen af tungmetaller ved cementfremstilling i DK opgøres som angivet i tabel 4.6

Tabel 4.5 Anslået emission af arsen, krom, kobolt og nikkel ved cementfremstilling

Metal	Mængde indeholdt i flyveaske som anvendes ved cement fremstilling tons/år <sup>1)</sup>	Emission faktor % <sup>2)</sup>	Udslip til luft tons/år
Arsen	18	4	ca. 0,7
Krom	46	2	ca. 0,9
Kobolt	23	2	ca. 0,5
Nikkel	46	3	ca. 1,4

Noter: 1) Se tabel 4.4

2) Antaget samme emissionsfaktorer som ved kulfyring.



Det understreges, at de angivne emissioner er behæftet med stor usikkerhed.

Den øvrige del af de tungmetaller, der med flyveaske indgår i fremstillingen af cement og beton vil for størstepartens vedkommende være indeholdt i den færdige cement og beton. En mindre ikke nærmere kendt del vil blive deponeret med opsamlet røgstøv fra cementfremstillingen.

## 5. BORTSKAFFELSE AF AFFALDSPRODUKTER

5.1 Jern- og stålskrot

Anvendelse i DK Jern- og stålskrot genopsmeltes i Danmark til nyt råstål ved Det danske Stålvalseværk.

Som råvarer anvendes primært affald fra jern- og stålindustrien i Danmark og svært skrot herunder kasserede industrimaskiner sekundært gammel letjern, d.v.s. primært bilskrot.

Alt indsamlet skrot i Danmark kan antages leveret til Det danske Stålvalseværk eller eksporteret. Eksporten af jern- og stålskrot fra Danmark er i 1981 af tilnærmelsesvis samme størrelse som importen /1/.

Produktion

Det danske Stålvalseværk producerer for tiden ca. 600.000 tons stål årligt, som kan forventes at indeholde følgende tungmetalmængder /63/:

Metal	Koncentration i stål kg/tons	Totalmængde tons/år
Arsen	0,15-0,3	90-180
Krom	1-2	600-1200
Kobolt	0,1	60
Nikkel	1	600

Af denne produktion går ca. 70% til eksport / 63/. Idet der dog foregår en import af mindst samme størrelse /1/, er der næppe tale om en nettoeksport af tungmetaller med råstål.

Emission til  
omgivelserne

Fra Stålvalseværket foregår en vis emission af tungmetaller til luft.

I /62/ er på baggrund af nedfaldsmålinger beregnet, at i 1982 kunne følgende metalnedfald omkring Frederiksværk henføres tilværket:

Krom : ca. 70 kg/år  
Nikkel: ca. 35 kg/år.

Denne beregning er dog behæftet med væsentlig usikkerhed på grund af beskedent datamateriale.

Ifølge foreliggende målinger af effektivitet af Stålvalseværkets posefilter tillader dette en støvemission på ca. 10 tons/år /39/. Idet støv opsamlet i posefiltret indeholder ca. 800 ppm Cr og ca. 300 ppm Ni /62/, kan udslippet fra Stålvalseværket anslås til ca. 10 kg Cr/år og ca. 5 kg Ni/år.

Der foreligger ingen viden om udslippet af arsen og kobolt. Antages at disse metaller optræder i støvemissionen i samme forhold som i stål kan udslippet anslås til ca. 2 kg As/år og 1 kg Co/år.

I betragtning af arsen's generelt høje flygtighed ved høje temperaturer er det ikke usandsynligt at den faktiske arsenemission fra stålvalseværket er betydeligt højere end det her angivne skøn.

Affald

Af Stålvalseværket bortskaffes årligt /62/:  
ca. 10.000 tons støv opsamlet i posefilter  
ca. 60.000 tons slagge  
ca. 12.000 tons sand og ildfast materiale.

Støv fra posefilter eksporteres, hvilket svarer til en eksport ca. 8 tons krom, ca. 3 tons nikkel og formodentlig ca. 0,3 tons kobolt samt ca. 0,2 tons arsen årligt, forudsat at disse metaller optræder i støvet i omtrent samme forhold som i stål.

Slagge afsættes i dag til vejbygningsformål. Indholdet af tungmetaller kan ud fra foreliggende undersøgelser anslås til ca. 300 tons krom og ca. 2 tons nikkel og formodentlig 0,2 tons kobolt årligt, forudsat at forholdet mellem nikkel og kobolt i slaggen svarer til forholdet i råjern. Indholdet af arsen i slaggen er betydningsløst /63/.

Sand og ildfast materiale, som deponeres, indeholder formentlig betydelige mængder krom i form af  $Cr_2O_3$ .

Der foreligger ikke oplysninger om udslippet med spildevand. Dette udslip skal i lighed med udslip fra andre metalstøberier (jfr. afs. 3.1.4) anslås til ca. 1% af den behandlede råmetalmængde svarende til 1-2 tons arsen, 6-12 tons krom, ca. 0,6 tons kobolt og ca. 6 tons nikkel.

## 5.2 Fast affald

### Affaldsmængder Danmark

I Danmark bortskaffes årligt (ca. 1980) /68/:  
ca. 1,5 mio. tons dagrenovation samt handels-, kontor-, o.l. erhvervsaffald.  
ca. 1,4 mio. tons industriaffald, storskrald, bygge- og amlægsaffald m.m.

Af disse affaldsmængder vil formodentlig:

ca. 1,3 mio. tons blive tilført affaldsforbrændingsanlæg

ca. 1,6 mio. tons blive tilført kontrollerede lossepladser, deponeret på anden vis (primært industriaffald) eller komposteret (mindre mængder)

Tungmetalindhold Den foreliggende viden om indholdet af arsen, krom, kobolt og nikkel i disse affaldsmængder er sparsom og usikker.

For dagrenovation o.l. skal på baggrund af /69, 70, 72/ skønnes følgende tungmetalindhold:

Metal	Indhold (ppm vådaffald)	Totalmængde tons/år
Arsen	2- 4	3- 6
Krom	20-100	30-150
Kobolt	2- 6	3- 9
Nikkel	10- 50	15- 75

Det understreges, at dette skøn er behæftet med stor usikkerhed, især med hensyn til arsen, da der alene foreligger målinger af arsen i affaldskompost (jfr. /72/).

Hertil kommer indholdet af tungmetaller i industriaffald, storskrald, bygge- og anlægsaffald m.m. For disse affaldsforeligger der ingen målinger af tungmetaller.

På baggrund af foreliggende vurderinger om bortskaffelse af tungmetaller som affald fra industri o. lign. (jfr. afsnit 3.1-3.11) skal

mængden af tungmetaller i industriaffald m.m.  
groft anslås som følger:

Kilde	Metalmængde (tons/år)			
	As	Cr	Co	Ni
Støbning af bly- legeringer og ak- kumulatorer	5-10			
Trykimprægneret affaldstræ incl. aske fra industri- fyr	4-8	4-10		
Ildfaste materi- aler		500		
Maling og lak		40	15-20	1
Ni-Cd akkumulatorer				5-10
Afskalling fra gal- vaniserede genstande		25-200		25-200
Keramisk/porcelæns- fremstilling			0,3	
Støbning og bear- bejdning af lege- ringer		55-280	0,15-0,5	25-100
<b>I alt</b>	<b>9-18</b>	<b>620-1030</b>	<b>15-21</b>	<b>56-310</b>

Affaldsfor-  
brænding

Ved forbrænding af affald i forbrændingsanlæg vil  
ske et udslip af tungmetaller til luft, mens  
størsteparten opsamles med slagge og udskildt fly-  
veaske.

Udslippet til luft må påregnes at variere betyde-  
ligt fra anlæg til anlæg, afhængig af primært  
røgrensningsudstyr ved det enkelte anlæg.

I tabel 5.1 er skønnet, hvorledes de ca. 1,3 mio. tons affald, der for tiden (1982/1983) afbrændes i Danmark, fordeler sig på anlægstyper, karakteriseret ved røgningsudstyr og partikelemission.

Tabel 5.1 Nuværende affaldsmængde til forbrænding, fordelt på anlæg, karakteriseret ved røgningsudstyr

Anlæg	Mængder 1) tons/år	Partikelemission $\text{mg/m}^3, \text{n.t.}^2)$	kg/ton rå- affald
Elektrofilter	ca. 900.000	150	1,1
Multicykloner	ca. 360.000	750	5,6
Ingen rensning	ca. 40.000	4000	ca. 25

- Noter: 1) Skønnet udfra /71, 39/  
 2) Hentet fra /39/  
 3) Antaget ca.  $7,5 \text{ m}^3$ , n, t pr. kg råaffald

I tabel 5.2 er anslået typiske koncentrationer i svævestøv og flyveaske fra affaldsforbrændingsanlæg samt beregnet samlet emission af arsen, krom, kobolt og nikkel til luft i Danmark.

Tabel 5.2 Typiske metalkoncentrationer i svævestøv og flyveaske samt samlet tungmetalemission til luft

Metal	Typiske koncentration <sup>1)</sup>		Samlet emission til luft <sup>2)</sup>
	svævestøv ppm	flyveaske ppm	
Arsen	100	40	ca. 0,2
Krom	800	400	ca. 2,2
Kobolt	100	40	ca. 0,2
Nikkel	400	100	ca. 0,8

Noter: 1) Vurderet udfra /69, 48/. Svævestøv defineret som den partikelemission, der forekommer fra et el-filter med ca. 150 mg/m<sup>3</sup>, n. t. Koboltkoncentrationer anslået udfra viden om råaffald samt analogislutning til krom og nikkel.

2) Beregnet ud fra tabel 5.1, idet der for partikelemission ud over svævestøv (se note 1) er regnet med sammensætning som flyveaske

### Lossepladser

De tungmetalmængder, der ikke emitteres til luft, kan som hovedregel antages at blive deponeret i form af råaffald, slagge og flyveaske på kontrolleret losseplads eller andet.

Ialt må	12-24	tons arsen
	650-1200	tons krom
	18-30	tons kobolt
	70-400	tons nikkel

forventes deponeret årligt.

Fra losseplads og andre depoter foregår en emission af tungmetaller i form af perkolat.



Antallet af miljøgodkendte affaldsdepoter i drift i 1979 udgjorde 49-54 pladser incl. specialdepoter for industriaffald og slagge/aske fra kraftværker og forbrændingsanlæg, men excl. fyldpladser /79/. Perkolatmængden fra disse affaldsdepoter kan ud fra /79/ anslås til ca. 325.000 m<sup>3</sup>/år.

Idet perkolat fra kontrollerede lossepladser typisk indeholder ca. 100 mg/m<sup>3</sup> arsen, ca. 500 mg/m<sup>3</sup> krom, ca. 250 mg/m<sup>3</sup> kobolt, ca. 800 mg/m<sup>3</sup> nikkel /75/, kan emissionen af tungmetaller med perkolat fra miljøgodkendte affaldsdepoter anslås til ca. 35 kg arsen, ca. 175 kg krom, ca. 80 kg kobolt og ca. 260 kg nikkel årligt. Dette perkolat føres hovedsageligt til kommunale rensningsanlæg.

Herudover foregår en ikke nærmere kendt emission af tungmetaller med perkolat fra eksisterende ikke-miljøgodkendte lossepladser samt tidligere lossepladser. Størrelse af denne emission skal her anslås som følger:

Udstrækningen af tidligere lossepladser indenfor et større område af Midtfyn kan på grundlag af Fyns Amts lossepladskortlægning anslås at udgøre ca. 2 o/oo af det samlede landareal. Påregnes at dette også holder stik for resten af det danske landareal (i alt ca. 42,000 km<sup>2</sup>) samt at den gennemsnitlige perkolat produktion er af størrelsen 0,2 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/år og tungmetalindholdet i dette perkolat er som angivet ovenfor kan den samlede emission fra tidligere lossepladser opgøres til ca. 2 tons As, ca. 8 tons Cr, ca. 4 tons Co og ca. 13 tons Ni årligt. Denne emission tilføres hovedsageligt jord.

Dette skøn er naturligt behæftet med stor usikkerhed og betegner muligvis en overvurdering af faktiske emission, idet indholdet af tungmetaller i perkolat sandsynligvis vil reduceres med tiden.

### 5.3 Spildevand

#### Mængder

I Danmark genereres årligt ca.  $10^9$  m<sup>3</sup> spildevand (/90/ forudsat 1 p.e. = 0,2 m<sup>3</sup>/d x p.e.).

#### Tungmetalindhold

I /91/ er angivet følgende metalkoncentrationer som typiske for dansk husspildevand uden væsentlig industribelastning

arsen	:	3-5	mg/m <sup>3</sup>
krom	:	25-40	mg/m <sup>3</sup>
kobolt	:	1-2	mg/m <sup>3</sup>
nikkel	:	25-40	mg/m <sup>3</sup>

Antages disse koncentrationer som typiske for kommunalt spildevand uden væsentlig industribelastning, kan indholdet af tungmetaller heri for Danmark i alt opgøres til

arsen	:	3-5	tons/år
krom	:	25-40	tons/år
kobolt	:	1-2	tons/år
nikkel	:	25-40	tons/år

Hertil kommer tilførsel af tungmetaller fra industrielle kilder m.m. såsom:

	Arsen	Krom	Kobolt	Nikkel
	tons/år	tons/år	tons/år	tons/år
Galvanisering		10-20		4
Afskalling m.m. 1) af galvaniserede overflader		13-100		13-100
Garvning		10		
Støbning af le- geringer o.lign.	1,5-3	12-18	0,8	9-12
Perkolat	0,04	0,2	0,1	0,26
I alt	1,5-3	45-150	0,9	25-115

Note: 1) Vil i et vist omfang være indeholdt i kommunalt spildevand.

#### Spildevands rensning

Ved rensning af spildevand vil ske en vis opsamling af tungmetaller i spildevandsslam afhængig af rensningsprocessen og den form som tungmetallerne optræder på.

På baggrund af /90, 94, 95 / skal skønnes følgende fordeling af rensningsprocesser i Danmark (ca. 1983) samt rensningseffektivitet overfor tungmetaller i opløst tilstand

Rensnings- proces	Andel af spildevand i Danmark %	Rensningseffektivitet overfor opløste metaller			
		As <sup>1)</sup>	Cr	Co <sup>2)</sup>	Ni
		%	%	%	%
Ingen	20	0	0	0	0
Mekanisk o.lign.	30	20	30	15	15
Biologisk og kemisk	50	50	80	25	25

- Note: 1) Der foreligger ikke oplysninger om arsen. I kraft af, at arsen adsorberes relativt let på partikler i vand, er antaget rensningseffektiviteter bedre end for nikkel og dårligere end for krom.
- 2) Der foreligger kun beskedne oplysninger om kobolt. Her er antaget samme rensningseffektiviteter som for nikkel.

Det bemærkes, at ovennævnte rensningseffektiviteter alene må opfattes som et skøn for den gennemsnitlige effektivitet i Danmark, da forholdene må antages at variere stærkt fra rensningsanlæg til rensningsanlæg.

På baggrund af disse rensningseffektiviteter og den forventede tilførsel af tungmetaller med spildevand skal anslås følgende udslip til omgivelserne/henholdsvis opsamling i spildevandsslam:

Metal	Udslip til vand tons/år	Opsamlet i spildevands- slam. tons/år
Arsen	3-5,5	1,5-2,5
Krom <sup>1)</sup>	35-95	35-95
Kobolt	4-7,5	1,0-1,5
Nikkel <sup>1)</sup>	40-95	10-60

- Note: 1) For tilførslen med afskalling m.m. af galvaniserede overflader påregnes, at ca. 50% foregår med regnvandsudløb, der ikke renses. Resten opsamles 100%.

Det understreges, at denne opgørelse alene må betragtes som et meget groft skøn for udslippet af tungmetaller til vand og opsamlingen i spildevandsslam.

Af de angivne tungmetalmængder opsamlet i spildevandsslam må langt størsteparten forventes deponeret på losseplads bl.a. i form af slagge/aske efter slamaftænding, mens alene en mindre del kan påregnes tilført landbrugsjorden.

Aftænding af spildevandsslam medfører formodentlig en mindre emission af tungmetaller til luft. Der foreligger dog ikke nærmere oplysninger herom.

#### 5.4 Kemikalieaffald

##### Affaldstyper

Kommunekemi modtager affald, indeholdende arsen, krom, kobolt og nikkel bl.a. i form af:

Slam og brugte bade (fra galvaniseringsvirksomheder), der afvandes og deponeres i form af filterkager.

Slam m.m. (fra træimprægneringsvirksomheder), der afhængig af affaldets karakter, dels behandles ved kemisk fældning, afvanding og deponering i form af filterkager, dels eksporteres til deponering i Tyskland.

Malingsrester o.l. der aftændes.

Katalysatoraffald der dels aftændes og dels deponeres.

Nikkel-cadmium akkumulatorer der eksporteres til Tyskland.

Sod og aske (bl.a. fra glasværker) der deponeres.

Olieaffald der aftændes.

##### Modtagne mængder

Der foreligger ingen opgørelse af tungmetalmængder modtaget med forskellige affaldstyper /61/.

Emission til omgivelserne

På grundlag af oplysninger fra /61/ kan vurderes, at der fra Kommunekemi til omgivelserne foregår en årlig emission af størrelsen

Metal	til luft kg/år	til vand kg/år
Arsen	5	30
Krom	ca. 25	betydningsløs
Nikkel	ca. 20	betydningsløs

Denne emission er formentlig af størrelsen 10 kg/år.

Herudover vil foregå en vis emission fra deponeringspladsen. Denne emission er dog så vidt vides, betydningsløs, hvilket bl.a. beror på, at dele af affaldet overdækkes med membran for at undgå udvaskning af metaller med regnvand.

Deponering

På grundlag af oplysninger fra /61/ kan vurderes, at der på Kommunekemi's deponeringsplads foregår en deponering af tungmetaller af størrelsen:

	Med filter- kage tons/år	Med flyve- aske tons/år	Med slagge tons/år	Sum tons/år
Arsen	0,5	0,2	0,03	0,7
Krom	10	0,5	11	22
Nikkel	3	2	30-50 <sup>1)</sup>	35-55

Noter: 1) Skønnet udfra oplysninger om flyveaske, idet målinger ikke foreligger.

Der foreligger ingen målinger af kobolt. Det er dog sandsynligt at der med maling og lakaffald tilføres Kommunekemi i alt 3-4 tons kobolt/år (iffr. afs. 3.6 og 3.7).

Denne mængde vil formodentlig blive afbrændt hvorefter det indeholdte kobolt vil blive deponeret med slagge/aske fra forbrændingen. Det er tænkeligt at der foregår et udslip af kobolt til luft ved forbrændingen af størrelsen 0,01 tons/år.

Der vil formodentlig tillige foregå en vis deponering af tungmetaller med såkaldt andet affald. Der foreligger ingen viden om størrelsen af denne deponering. Mængden af andet affald er dog meget beskednen i forhold til mængden af slagge og aske.

REFERENCER

- /1/ Danmarks vareindførsel og udførsel 1981, bind II-III  
Danmarks Statistik, København 1983
- /2/ Danmarks vareindførsel og udførsel 1981, bind II-III  
Danmarks Statistik, København 1982
- /3/ Danmarks vareindførsel og udførsel 1979, bind II  
Danmarks Statistik, København 1981
- /4/ Varestatistik for industri 1981  
Statistisk tabelværk 1982:IV, Danmarks Statistik, København 1982
- /5/ Varestatistik for industri 1980  
Statistisk tabelværk 1981:IX, Danmarks Statistik, København 1981
- /6/ Lederer, W.H. et al:  
Arsenic  
Van Nostrand Reinhold Company Inc., New York 1983
- /7/ Minerals Yearbook 1980, Vol. 1, metals and minerals  
U.S. Department of the Interior, U.S. Government Printing Office,  
Washington 1981
- /8/ Personlig oplysning: Hr. Niels Gram, Poul Bergsøe A/S, Glostrup  
1983
- /9/ Hartmann, Poul:  
Stålhaglpatroner. Vurdering af stålhaglpatroners egnethed til jagt  
i Danmark  
Miljøstyrelsen, København 1982



- /10/ Personlig oplysning: Hr. J. Fougat, Holmegaards Glasværk, Fensmark  
1983
- /11/ Dansk Imprægneringsstatistik 1982  
Dansk Imprægneringskontrol, Tåstrup 1983
- /12/ Statistiske oplysninger vedrørende forbrug og salg af  
bekæmpelsesmidler for 1982  
Kemikaliekontrollen, Lyngby 1982
- /13/ Personlig oplysning: Hr. Borsholt, Afdelingen for Træteknik,  
Teknologisk Institut, Tåstrup 1983
- /14/ Personlig oplysning: Direktør J. Sabroe, Tanalith-ringen, Horsens  
1983
- /15/ Perspektivredegørelse for det danske træerhverv 1978-1983  
Trærådet, København 1978
- /16/ Baumbach, C.L.:  
Fyring med træ - Del 1, Mindre Fyringsanlæg  
Afdelingen for Varmeteknik, Teknologisk Institut, Tåstrup 1977
- /17/ Dobbs, A.J. et al:  
Report on the burning of wood treated with wood preservatives  
containing copper, chromium and arsenic  
Building Research Establishment Current Paper, CP 63/76
- /18/ Sikkerhedsinformation om "Tanalith" trykimprægneret træ  
Teknisk Informationsblad, Tanalith-ringen, Horsens 1980
- /19/ Hovmand, M.:  
Cirkulation af bly, cadmium, kobber, zink og nikkel i dansk  
landbrug  
Slammets jordbrugsanvendelse, bind II.  
Polyteknisk Forlag, Lyngby 1981

- /20/ Elm Andersen, C.:  
Dyrkningsfaktorer og planternes kemiske sammensætning  
Statens jordbrugs- og veterinærvidenskabelige forskningsråd,  
København 1980.
- /21/ Personlig oplysning: Hr. B. Viuf, Foderstofkontrollen, Lyngby 1983
- /22/ Personlig oplysning: Hr. E. Jespersen, Løvens Kemiske Fabrik,  
København 1983
- /23/ Personlig oplysning: Hr. Direktør Lund, Vitfos, Vejen 1983
- /24/ Personlig oplysning: Hr. Trolle, Kemovit, 1983
- /25/ Personlig oplysning: Fr. Karen Oksholm, Korn og Foderstofkom-  
pagniet, 1983
- /26/ Personlig oplysning: Hr. Leif Rasmussen, Superfos, København 1983
- /27/ Jensen, Arne:  
Undersøgelse af sporstofindholdet i nogle af de mest solgte  
gødninger som produceres af Superfos  
Intern rapport, Superfos Centrallaboratoriet, København 1978
- /28/ Personlig oplysning: Hr. Ingeniør B. Knudsen, Danref., Birkerød  
1983
- /29/ Personlig oplysning: Hr. Direktør Danielsen, Afridana A/S,  
København 1983
- /30/ Personlig oplysning: Hr. Kurt Larsen, Outokumpu A/S, Glostrup 1983
- /31/ Kirk-Othmer:  
Encyclopedia of chemical technologi, Third edition.  
John Wiley & sons, New York

- /32/ Personlig oplysning: Hr. W. Frændrup, Garveriforsøgsstationen, Teknologisk Institut, Tåstrup 1983/84
- /33/ Personlig oplysning: Hr. Møller Jensen, Kromgarvestoffabrikken A/S, Grindsted 1983
- /34/ Personlig oplysning: Hr. T. Misciattelli, Dasico A/S, Birkerød 1983
- /35/ Personlig oplysning: Hr. Michael Mogensen, Mogens Lind Production A/S, Torning 1983
- /36/ Personlig oplysning: Hr. Peter Kvistgaard, S. Dyrup & Co. A/S, København 1983
- /37/ Personlig oplysning: Hr. Lund, Hempel's Skibsfarve-Fabrik A/S, Lyngby 1983
- /38/ Personlig oplysning: Hr. Direktør Kielsgaard, ICI-Danmark, København 1983
- /39/ Hansen, Erik:  
Cadmiumtransport og -forurening i Danmark og teknologiske muligheder for at begrænse denne forurening  
Lab. for Teknisk Hygiejne, DTH, Lyngby 1980
- /40/ Personlig oplysning: Hr. Stig Lausten, Kunststofkemi A/S, 1983
- /41/ Personlig oplysning: Hr. Direktør Risberg, Løvens Kemiske Fabrik A/S, København 1983
- /42/ Personlig oplysning: Hr. Ernst Hansen, Statens Levnedsmiddelinstitut, København 1983
- /43/ 54. beretning fra Statens Foderstofkontrol  
Statens Foderstofkontrol, Lyngby 1981

- /44/ 56. beretning fra Statens Foderstofkontrol  
Statens Foderstofkontrol, Lyngby 1983
- /45/ Kolets hälso - och miljöeffekter, slutrapport april 1983,  
Huvuddel  
Projekt KMH, Statens Vattenfallsverk, Stockholm 1983
- /46/ Jacobsen, Lars:  
Rapport over Studstrupundersøgelse  
Kulkonsekvensundersøgelse, Delrapport sæt 1,  
Miljøstyrelsen, København 1980.
- /47/ Jacobsen, Lars:  
Emissionforhold ved elproduktion i 1980'erne  
Kulkonsekvensundersøgelse, Delrapport sæt 1,  
Miljøstyrelsen, København 1980
- /48/ COWIconsult:  
Mellemstore kulfyrede anlæg, projekt 3, bind 1  
Miljøstyrelsen, København 1982
- /49/ Jensen, Allan Astrup:  
Frigørelse af spormetaller ved kulfyring  
Teknik + miljø, 7, 2-4 (1979)
- /50/ Schmidt, Niels B.:  
Restprodukters anvendelsesmuligheder  
Råstofkontorets genbrugsserie nr. 1,  
Miljøministeriet, København 1981
- /51/ Personlig oplysning: Hr. Lars Jacobsen, Dansk Kedelforening,  
København 1983
- /52/ Personlig oplysning: Hr. Anders Grant, Collstrup - Dansk  
Træimpregnering A/S, København 1983

- /53/ Personlig oplysning: Hr. Fr. Flemming, Hellesen A/S, København  
1983
- /54/ Nielsen, Birgitte D.  
Nikkelekspositionens betydning for nikkelallergi i Danmark  
Specialerapport, Den Biologiske Miljøkontrollinie,  
Københavns Universitet, København 1982
- /55/ Hansen, Tom:  
Overfladebehandling I, Galvanisering, Varmforzinkning, Anodisering  
Miljøprojekter 34, Miljøstyrelsen, København 1981
- /56/ With, A. et al:  
Overfladebehandling II, Maling og Lakering af Stål og Metal  
Miljøprojekter 43, Miljøstyrelsen, København 1982
- /57/ Hansen, T. et al:  
Bortskaffelse af olie- og kemikalieaffald  
Miljøprojekter 41, Miljøstyrelsen, København 1981
- /58/ Personlig oplysning: Hr. Tom Hansen, Afd. for Kemiteknik,  
Teknologisk Institut, Tåstrup 1983
- /59/ Personlig oplysning: Hr. Ernst Maahn, Korrosionscentralen,  
København 1983
- /60/ Emission, rensningsforanstaltninger og -omkostninger i 3 udvalgte  
brancher. Delrapport A. Galvaniseringsbranchen.  
Pilotundersøgelse, Miljøstyrelsen, København 1978
- /61/ Personlig oplysning: Hr. Vagn Christiansen, Kommunekemi, Nyborg  
1983
- /62/ Vestergaard, N.K. et al:  
Tungmetalforureningen omkring stålvalseværket, Frederiksværk 1982  
Eksamensprojekt, Lab. for Økologi og Miljølære, DTH, Lyngby 1983

- /63/ Personlig oplysning: Hr. E. Bell m.fl., Det Danske Stålvalseværk, Frederiksværk, 1983.
- /64/ Liedholm, B.L. et al:  
Metallutsläpp i Sverige  
SNV PM 1390, Statens Naturvårdsverk, Sverige 1981
- /65/ Oversigt over godkendte bekæmpelsesmidler 1983  
Miljøstyrelsen, København 1983
- /66/ Personlig oplysning: Hr. Lars Barfod, Tivolis Fyrværkerifabrik, Tune 1983
- /67/ Personlig oplysning: Hr. Åge Rasmussen, Thuesen & Funck Kemikalier A/S, København 1983
- /68/ Personlig oplysning: Hr. Anton Elmlund, Gendan A/S, København 1983
- /69/ Heimler, Bo:  
Avfallsförbränning - en kartering av avfall, rökgas aska och slagg vid Sävenäs Förbränningsanläggning  
Statens Naturvårdsverk, SNP PM 535, Sverige 1975
- /70/ Hovsenius, G.:  
Genereringstakt och sammansättning av hushållsavfall i Laxå  
Statens Naturvårdsverk, SNV PM 902, Sverige 1977
- /71/ Pedersen, S.D.:  
Undersøgelse af forbrændingsslagge fra typiske kommunale forbrændings-anlæg  
Miljø-Projekter 13, Miljøstyrelsen, København 1978
- /72/ Christensen, T.H. et al:  
Udvaskning og nedsivning fra affaldskompost. Del 3, forsøg og resultater  
Lab. for Teknisk Hygiejne, DTH, Lyngby 1983

- /73/ Chester, J.H.:  
Refractories: Production and Properties  
The Iron and Steel Institute, London 1973
- /74/ Mængde og sammensætning af perkolat fra lossepladser  
Miljøprojekter 49, Miljøstyrelsen, København 1983
- /75/ Christensen, T.H. et al:  
Noter om kontrollerede lossepladser  
Teknisk Forlag A/S, København 1982
- /76/ Personlig oplysning: Hr. Norø, Bing & Grøndahl's Porcelænsfabrik  
A/S, København 1983
- /77/ Personlig oplysning: Hr. G. Roed, Den Kongelige Porcelænsfabrik  
A/S, København 1983
- /78/ Personlig oplysning: Hr. Moldt, Moldt Chemical ApS, Virum 1983
- /79/ Personlig oplysning: Fr. Jette Rasmussen, Sadolin & Holmblad A/S,  
København 1983
- /80/ Personlig oplysning: Hr. H. Lyager, Afd. for Produktionsteknik,  
Jydsk Teknologisk Institut, Århus 1983
- /81/ Personlig oplysning: Hr. Ussing, Scandinavisk Henkel A/S,  
København 1983
- /82/ Personlig oplysning: Hr. Pauli Andersen, Afd. for overfladebe-  
handling, Teknologisk Institut, Tåstrup 1983
- /83/ Emission, rensningsforanstaltninger og -omkostninger i 3 udvalgte  
brancher. Delrapport B: Autolakeribranchen  
Pilotundersøgelse, Miljøstyrelsen, København 1978

- /84/ Dahl, F. et al:  
Affald fra sprøjtekabiner i træindustrien - Art, omfang og  
behandling  
Træteknik - Kemiteknik, Teknologisk Institut, Tåstrup 1978
- /85/ Oplysninger givet af hr. Tommy Gren, Poul Bergsøe A/S, ved rund-  
visning hos Poul Bergsøe A/S, den 17.11.1981.
- /86/ Miljømæssig vurdering af akkumulatorfabrikken Lyac A/S,  
Miljøstyrelsen, København 1983
- /87/ Pilotprojekt storskrald  
Gendan A/S, København 1981
- /88/ Personlig oplysning: Hr. L. Grove, Den Kongelige Mønt,  
København 1983
- /89/ Personlig oplysning: Hr. Dalvad, Varde Stålværk, Varde 1983
- /90/ Spildevandsplanlægningen, status og udviklingstendenser  
Miljøstyrelsen, København 1981
- /91/ Henze, M.:  
Husspildevands sammensætning  
Stads- og havneingeniøren 1982, nr. 12, p 386-387
- /92/ Personlig oplysning: Hr. Henning Texel, Saint-Gobain A/S  
København 1983
- /93/ Personlig oplysning: Hr. Erik Nielsen, Korrosionscentralen  
København 1983
- /94/ Andersen, L. et al:  
Rensning for spormetaller  
Vand 4. november 1975



- /95/ Sterrit, R.M. et al:  
The influence of sludge age on heavy metal removal  
Water Research Vol. 15 (1981) p. 59-65
- /96/ Sommer, S. et al:  
Anvendelse af flyveaske fra kulfyrede kraftværker  
Stads- og havneingeniøren (1984), nr. 5 (124-128)
- /97/ Kviksølv og cadmium: batterier/akkumulatorer  
Cowiconsult A/S for Miljøstyrelsen, København, 1984
- /98/ Sørensen, F. et al:  
Chromater i arbejdsmiljøet  
Pas på! 1984, nr. 4 (43-44)
- /99/ Personlig oplysning: Hr. Bent Marcussen, Norsk Hydro Danmark A/S,  
København 1983
- /100/ Hjelmar, O et al:  
Askeø i jammerland bugt, Miljømæssig konsekvenser ved deponering  
af flyveaske fra kulfyrede kraftværker i en askeø, Hovedrapport.  
VKI/DHI for Elkraft A.m.b.a. København 1983
- /101/ Personlig oplysning: Fr. Lene Mikkelsen  
Ålborg Portland A/S  
Ålborg 1984.

Forbrug af arsen i USA 1980/81 /6,7/

Samlet forbrug: 10.000 - 15.000 tons

<u>Anvendelse</u>	<u>Andel %</u>
Pesticider	45
Træbeskyttelse	36
Flotationsreagenser	9
Glas	5
Legeringer	3
Fodertilsætning, pharmacia, o.a.	<u>2</u>
Ialt	100

Udslip af arsen til omgivelserne i Sverige 1978/79 /64/

<u>Kilde</u>	<u>Til luft ton/år</u>	<u>Til vand ton/år</u>
Metalværk (malmbaseret)	75	740
Glasindustri	30	1
Forbrænding af trykimpræg- neret affaldstræ (produk- tionsaffald)	15	
Kul og koks	5	
Olie	0,7	
Minedrift	1,5	1
Biludstødning	0,003	
Jern og stålværk		0,2
<u>Svovlsyrefabrikker</u>		<u>15</u>
<u>Ialt</u>	<u>ca. 130</u>	<u>ca. 760</u>

Forbrug af krom i USA 1977 /3/

Samlet forbrug: ca. 410.000 tons

<u>Anvendelse</u>	<u>Andel</u>
	%
Legeringer	
Rustfrit og varmebestandigt stål	51,2
Konstruktionsstål	9,5
Værktøjsstål	1,3
Støbejern og stål	4,9
Højtemperaturlegeringer	3,1
Andet	1,3
Ildfaste formål	13,3
Pigmenter	4,0
Overfladebehandling	3,3
Lædergarvning	2,4
Træbeskyttelse	0,9
Andet	<u>4,7</u>
I alt	100,0

Udslip af krom til omgivelserne i Sverige 1977/78 /64/

<u>Kilde</u>	<u>Til luft</u>	<u>Til vand</u>
	<u>t/år</u>	<u>t/år</u>
Ferrolegeringsværk	120	0,02
Jern og Stålværk	35	185
Affaldsforbrænding	1	
Afbrænding af olie	0,6	
Kul og koks	?	
Biludstødning	0,04	
Garverier		40
Overfladebehandling		15
Fosforsyrefabrikker		8
Metalværk (skrotbaseret)		5
Minedrift		2
Tekstilindustri		1
Svovlsyrefabrikker		<u>0,4</u>
I alt	ca. 160	ca. 240
Kommunale rensningsanlæg		<u>ca. 16</u>
	ca. 160	ca. 256

Forbrug af kobolt i USA 1980 /7/

---

Samlet forbrug ca.: 7.550 tons

<u>Anvendelse</u>	<u>Andel %</u>
Legeringer:	
Stål, bl.a. hurtigstål	3
Højtemperaturlegeringer	41
Hårdmetaller, sintrede	9
Magneter	15
Andet	6
Katalysatorer	11
pigmenter, grundmaling, glas m.m.	5
Tørremidler, foder, m.m.	<u>10</u>
I alt	<u>100</u>

---

Forbrug af nikkel i USA 1980 /7/

Samlet forbrug ca.: 156.000 tons

<u>Anvendelse</u>	<u>Andel %</u>
Legeringer:	
Stål	46
Højttemperaturlegeringer	12
Nikkel-kobberlegeringer	6
Støbejern og magneter	3
Andre legeringer	17
Overfladebehandling	12
Kemikalier	1
Batterier, keramik, o.a.	3
<u>Ialt</u>	<u>100</u>

Udslip til omgivelserne i Sverige 1977/78. /64/

<u>Kilde</u>	<u>Til luft</u> <u>ton/år</u>	<u>Til vand</u> <u>ton/år</u>
Afbrænding, olie	140	
Jern og stålværk	25	
Kul og koks	10	
Biludstødning	2	
Akkumulatorfabrikker	1	0,2
Affaldsforbrænding	0,4	
Ferrolegeringsværk	0,2	
Spildolie	?	
Jern og stålindustri		80
Overfladebehandling		10
Fosforsyrefabrik		0,5
Metalværk (skrotbaseret)		0,4
Svovlsyrefremstilling		0,3
<u>Ialt</u>	<u>ca. 180</u>	<u>ca. 90</u>
Kommunale rensningsanlæg		30
<u>Total</u>	<u>ca. 180</u>	<u>ca. 120</u>

## APPENDIX 2

Foreliggende viden om  
koncentrationer af krom  
og nikkel i danske  
sedimenter og akvatiske  
organismer

Tabel 1. - Koncentrationer af krom i danske søsedimenter /1/.

Lokalitet	År	Koncentration (mg/kg tørstof)
Bastrup Sø	1977-78	10
Salten Langsø	1978-79	12-15
Knud Sø	1980	17
Thor Sø	1979	12
Bagsværd Sø	1977-78	26
Vallensbæk Sø	1979-80	17-23
Lyngby Sø	1977-78	103
Tueholm Sø	1979-80	25-126

Tabel 2. - Koncentrationer af nikkel i danske sedimenter

Lokalitet	År	Koncentration (mg/kg tørstof)	Reference
Lillebælt	1980	15-40	2
Fornæs (Kattegat)	1978-80	0,5-16	3
Salten Langsø	1978-79	11-21	1
Knud Sø	1980	25	1
Thor Sø	1979	26	1
Tueholm Sø	1979-80	31-91	1
Vallensbæk Sø	1979-80	21-23	1

Tabel 3 - Nikkelkoncentrationer i akvatiske organismer

Organisme	Middelkoncentration (mg/kg tørstof)	Lokalitet	År	Ref.
Ferskvandsalger	25,3 (2,7-17,5)	Tueholm Sø + Vallensbæk Sø	1979	1
Saltvandsalger (Laminaria)	24,3	Helsingør	1971	4
Saltvandsalger (Laminaria)	0,6 (0,5-0,7)	Fornæs (Kattegat)	1976	4
Blåmusling	1,4 (0,55-6,1)	Limfjorden	1980	5
Blåmusling	0,83-2,62	Lillebælt	1981	6
Ulk lever	0,82 (0,27-1,3)	Lillebælt	1978	7
muskel	0,55 (0,18-0,94)	Lillebælt	1978	7
Skrubbe lever	0,71 (0,39-1,1)	Lillebælt	1978	7
muskel	0,65 (0,21-1,4)	Lillebælt	1978	7

Tabel 4 - Kromkoncentrationer i akvatiske organismer

Organisme	Middelkoncentration (mg/kg tørstof)	Lokalitet	Ref.
Ferskvandsplanter	3,41	Vallensbæk sø	1
- " -	9,5 (5,3-73,7)	Tueholm sø	1
Blåmusling	0,6 (0,13-3,71)	Limfjorden	5
Blåmusling	2,7 (0,5-7,1)	Kalundborg fjord	8
Blåmusling	0,61	Læsø	8
Blåmusling	1,03	Hirtshals	8
*Blåmusling	2,5 (0,6-6,3)	Isefjord	4
*Blåmusling	3,38 (2,7-3,9)	København	4
Ulk lever	0,22 (0,11-0,44)	Lillebælt	7
muskel	0,69 (0,42-1,4)	Lillebælt	7
Skrubbe lever	0,41 (0,28-0,57)	Lillebælt	7
muskel	0,55 (0,39-0,99)	Lillebælt	7

\* Disse blåmuslinger har ikke været anbragt i rindende vand før analyse. Blåmuslingerne fra de andre områder har haft mulighed for at tømme tarmen for sediment o. lign. Tallene er derfor ikke sammenlignelige.



Referencer:

- /1/ VKI, (1981): Regnvandsundersøgelser, Vallensbæk Søerne 1978-1979. Slutrapport. Miljøprojekter 33.
- /2/ Isotopcentralen, (1983): Tungmetaller i Lillebælt med tilstødende fjorde. Rapport til Vejle, Fyn og Sønderjyllands amtskommuner.
- /3/ VKI, (1980): Fornæs 1980. Sediment, bundfauna undersøgelse udført for Århus amtskommune, Amtsvandvæsenet.
- /4/ VKI, (1978): Danish marine monitoring methods and data, part II. The concentration of selected heavy metals in bottom vegetation and bottom invertebrates. National Agency of Environmental Protection, Denmark.
- /5/ Riisgård, H.U. et al., (1981): Miljøundersøgelser i Limfjorden. Miljøstyrelsens Havforureningslaboratorium.
- /6/ Riisgård, H.U., (1983): Superfos og tungmetaller i Lillebælt. Kaskelot nr. 54.
- /7/ Vejle Amtskommune, (1980): Undersøgelse af metaludledningers effekt i Lillebælt, 1978.
- /8/ Jensen, K. & Jensen A., (1980): Tungmetaller i blåmuslinger fra Hirtshals, Læsø og Kalundborg fjord 1979-1980. Miljøstyrelsens Havforureningslaboratorium.